

Ramon Helder Rotava

**ANÁLISE DE SISTEMAS PREVENTIVOS POR EXTINTORES DE INCÊNDIO DE
MODELOS BIM ATRAVÉS DE VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS**

Florianópolis

2018

Ramon Helder Rotava

**ANÁLISE DE SISTEMAS PREVENTIVOS POR EXTINTORES DE INCÊNDIO DE
MODELOS BIM ATRAVÉS DE VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Civil do Centro Tecnológico da
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito para a obtenção do Título de
Bacharel/Licenciado em Engenharia Civil
Orientador: Prof. Humberto Ramos Roman, Dr.
Coorientador: Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Rotava, Ramon Helder

Análise de Sistemas Preventivos por Extintores de
Incêndio de Modelos BIM Através de Verificação Automática
de Regras / Ramon Helder Rotava ; orientador, Humberto
Ramos Roman, coorientador, Luis Alberto Gómez, 2018.
147 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. BIM. 3. Verificação Automática
de Regras. 4. Segurança Contra Incêndio. 5. Sistemas de
Extintores de Incêndio. I. Roman, Humberto Ramos. II.
Gómez, Luis Alberto. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Engenharia Civil. IV. Título.

Ramon Helder Rotava

**ANÁLISE DE SISTEMAS PREVENTIVOS POR EXTINTORES DE INCÊNDIO DE
MODELOS BIM ATRAVÉS DE VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REGRAS**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de novembro de 2018.

Prof.^a Luciana Rohde, Dr.^a.

Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Humberto Ramos Roman, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Leticia Mattana

Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Rafael Fernandes Teixeira Da Silva

Coordenador de Projetos Especiais na Secretaria de Planejamento do Estado de Santa
Catarina

Examinador externo

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, especialmente aos meus pais, Gilmar Luiz Rotava e Jane Borges dos Santos Rotava, pela minha existência, por todo o amor, carinho e apoio dados a mim em todas as etapas da minha vida, e por ensinar os valores que me tornaram a pessoa que sou hoje.

Ao meu irmão Gianluca Rotava, um grande amigo e companheiro, sempre presente em todas as etapas da minha vida.

À minha namorada e companheira, Jacqueline Casagrande Dambrós, presente em praticamente todo o meu período de graduação, e que me deu apoio na realização deste trabalho.

Ao meu orientador Humberto Ramos Roman, e ao meu coorientador Luiz Alberto Gómez, pelos conselhos e orientações na realização deste trabalho.

Aos demais professores que tive na minha vida, principalmente aos que tive um grande prazer de ser aluno, que são: Henrique Magnani, Leandro Miguel, Rafael Higashi, Claudio Ziemermann, Cristine Mutti, Luiz Prudêncio Jr., Marcos Lenzi, Wellington Repette.

Aos amigos que tive durante toda a minha vida, em especial aqueles que estiveram presentes durante o período de graduação e tornaram esta caminhada muito mais fácil.

Ao LabTrans e aos colegas e amigos que lá tive, que tiveram grande influência na minha formação profissional.

Ao LaBIM-SC, e aos colegas e amigos que lá tive, que compartilharam conhecimentos que ajudaram inclusive à elaboração deste trabalho, e aos antigos estagiários que passaram pelo laboratório e participaram do projeto que estou envolvido.

Ao meu chefe do LaBIM-SC, Rafael Fernandes Teixeira da Silva, pelo incentivo na realização deste trabalho e pelos diversos ensinamentos proporcionados.

E por fim, às entidades Associação Atlética de Engenharia Civil (ATEC) e Betonada da Civil e aos colegas e amigos que lá tive, que também foram muito responsáveis pela minha formação profissional e me proporcionaram grandes e inesquecíveis momentos.

RESUMO

As medidas de Segurança Contra Incêndio (SCI) são procedimentos, sistemas de dispositivos e equipamentos que são instalados em edificações com o intuito de prevenir situações de incêndio e proteger a vida humana, o patrimônio e o meio ambiente nas ocorrências destas situações. Uma importante medida de SCI é o sistema de extintores de incêndio, que tem o objetivo de combater ao princípio de incêndio. No Estado de Santa Catarina, os critérios de concepção e dimensionamento deste sistema estão estabelecidos na norma chamada “Instrução Normativa 006 (IN 006): Sistema Preventivo por Extintores (SPE)”. Atualmente, o processo de análise dos Projetos Preventivos Contra Incêndio e Pânico (PPCI), em que os SPEs são especificados, é realizado pelos analistas do Corpo de Bombeiros manualmente, ou seja, são verificadas nas pranchas do projeto se o mesmo atende as exigências normativas. Além de que, muitas vezes a aprovação de projetos é um processo demorado, e esta demora se constitui como um problema da indústria de Arquitetura Engenharia e Construção (AEC). Uma possível solução destas problemáticas relacionadas a análises dos PPCIs é a utilização de verificação automática de regras, que é definida como o uso de regras computacionais desenvolvidas em softwares e que são aplicadas para verificar diversas características de um modelo BIM. Então, neste trabalho foram desenvolvidas regras computacionais para possibilitar a checagem de SPEs de acordo com as exigências normativas propostas na IN 006. As regras foram criadas através do software de checagem Solibri Model Checker (SMC), e testadas em modelos de edificações genéricas concebidos com o software ArchiCAD. No entanto, não foi possível verificar todas as exigências da IN através de regras, devido a limitações do SMC e da própria IN 006, já que algumas das exigências propostas nela possuem parâmetros subjetivos. Por fim, foi feita uma aplicação prática da verificação do SPE de um projeto real utilizando as regras desenvolvidas.

Palavras-chave: BIM. Verificação automática de regras. Segurança Contra Incêndio (SCI). Sistemas de Extintores de Incêndio.

ABSTRACT

Fire safety measures are procedures, systems of devices and equipment that are installed in buildings in order to prevent fire situations and protect human life, property and the environment in the occurrences of these situations. An important fire safety measure is the fire extinguisher system, which is designed to combat the principle of fire. In the State of Santa Catarina, the design and sizing criteria for this system are established in the standard called “Instrução Normativa 006 (IN 006): Sistema Preventivo por Extintores (SPE)”, that means “Normative Instruction 006: Extinguishers Preventive System”. At present, the process of analysis of Fire and Panic Preventive Building Designs, in which Extinguishers Preventive Systems are specified, is performed by fire department analysts manually, that is, they are verified in the design charts if it meets the normative requirements. In addition to that, the building design approval is often a time-consuming process, and this delay constitutes a problem in the Architecture and Engineering Architecture (AEC) industry. A possible solution to these problems related to Fire and Panic Preventive Projects analysis is the use of automatic rule-based checking, which is defined as the use of computational rules developed in software and applied to verify several characteristics of a BIM model. Then, in this work, computational rules were developed to enable Extinguishers Preventive Systems to be checked according to the normative requirements proposed in IN 006. The rules were developed using Solibri Model Checker (SMC) checking software, and tested in generic building models designed with the ArchiCAD software. However, it was not possible to verify all IN requirements through rules, due to limitations of the SMC and the IN 006 itself, since some of the requirements proposed in it have subjective parameters. Finally, a practical application of the Extinguishers Preventive System verification of a real project was made using the rules developed.

Keywords: BIM. Automatic rule-based checking. Fire safety. Fire extinguisher systems.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Exemplos de regras pré-definidas nativas do Solibri Model Checker. | 31 |
| Indicador não definido. | |
| Figura 2 – Status das publicações das partes da NBR 15965..... | 32 |
| Figura 3 – Tetraedro do fogo..... | 33 |
| Figura 4 – Curva de evolução do incêndio celulósico..... | 35 |
| Figura 5 – Fluxograma de metodologia de pesquisa..... | 45 |
| Figura 6 – Regras da classificação “Extintores”..... | 52 |
| Figura 7 – Elaboração da propriedade “2C” e preenchimento desta propriedade..... | 53 |
| Figura 8 – Preenchimento da propriedade “2C” do <i>property set</i> “NBR_15965-4”... | 53 |
| Figura 9 – Regras da classificação “Risco de incêndio”..... | 55 |
| Figura 10 – Preenchimento da propriedade <i>Occupancy Type</i> | 57 |
| Figura 11 – Regras da classificação “Extintores com pelo menos uma unidade extintora”, mostrando extintores portáteis..... | 60 |
| Figura 12 – Parâmetros e informações da regra de checagem do Artigo 5º..... | 61 |
| Figura 13 – Preenchimento da propriedade que indica a cor no software ArchiCAD. | 62 |
| Figura 14 – Modelo de edificação para teste da verificação da regra que checa o Artigo 5º. | 63 |
| Figura 15 – Ocorrência de inconformidade devido à não atribuição da propriedade de cor ao extintor..... | 64 |
| Figura 16 – Ocorrência de inconformidade devido à cor verde do extintor..... | 64 |
| Figura 17 – Definições da extração de informações para verificação da distância máxima de caminamento até extintores portáteis..... | 68 |
| Figura 18 – Inserção da coluna “ <i>Name</i> ” na extração de quantitativo para verificação da distância de máxima caminamento até extintores portáteis..... | 69 |
| Figura 19 – Inserção da coluna “ <i>Length</i> ” na extração de quantitativo para verificação da distância máxima de caminamento até extintores portáteis..... | 70 |
| Figura 20 – Modelo da edificação para teste da verificação da distância máxima de caminamento até extintores portáteis. | 71 |
| Figura 21 – Extração de informações do modelo de teste da verificação da distância máxima de caminamento até extintores portáteis..... | 72 |

| | |
|--|----|
| Figura 22 – Parâmetros e informações da regra para checagem de risco de incêndio leve. | 74 |
| Figura 23 – Filtro dos componentes a comparar da regra para checagem de risco de incêndio médio ou elevado. | 75 |
| Figura 24 – Parâmetros e informações da regra de verificação da quantidade mínima de unidades extintoras para pavimentos com área inferior a 100m ² em edificações de risco de incêndio leve. | 76 |
| Figura 25 – Componentes a checar e valor alvo da regra de verificação da quantidade mínima de unidades extintoras para pavimentos com área maior ou igual a 100m ² em edificações de risco de incêndio leve. | 77 |
| Figura 26 – Componentes a checar e valor alvo da regra de verificação da quantidade mínima de unidades extintoras para pavimentos em edificações de risco de incêndio médio ou elevado. | 78 |
| Figura 27 – Modelo da edificação para teste da verificação das regras que checas o Artigo 8º. | 80 |
| Figura 28 – Ocorrência de inconformidade devido ao primeiro pavimento não possuir a quantidade mínima de unidades extintoras. | 81 |
| Figura 29 – Componentes do modelo envolvidos na inconformidade devido ao primeiro pavimento não possuir a quantidade mínima de unidades extintoras. | 81 |
| Figura 30 – Parâmetros e informações da regra de verificação de edificações de risco de incêndio elevado sem SPH instalado. | 84 |
| Figura 31 – Parâmetros e informações da regra de verificação da existência de extintores sobre rodas na edificação. | 86 |
| Figura 32 – Modelos das edificações para teste das regras que verificam as exigências do Artigo 10º. | 88 |
| Figura 33 – Ocorrência de inconformidade devido a não existência de um extintor sobre rodas na edificação de risco elevado que não dispõe de SPH. | 89 |
| Figura 34 – Mangueira de incêndio do modelo da edificação em conformidade com o Artigo 10º. | 90 |
| Figura 35 – Parâmetros e informações da regra de checagem da localização dos extintores de incêndio em circulação ou área comum. | 93 |
| Figura 36 – Modelo de edificação para teste da verificação da regra que checa se os extintores de incêndio estão instalados em circulação ou área comum. | 95 |

| | |
|---|-----|
| Figura 37 – Ocorrência de inconformidade devido à não atribuição da propriedade de cor ao extintor..... | 96 |
| Figura 38 – Componentes do modelo envolvidos na inconformidade devido ao primeiro pavimento não possuir a quantidade mínima de unidades extintoras..... | 97 |
| Figura 39 – Parâmetros e informações da regra de checagem da presença de materiais acima dos extintores. | 98 |
| Figura 40 – Parâmetros e informações da regra de checagem da presença de materiais abaixo dos extintores. | 99 |
| Figura 41 – Modelo de edificação para teste da verificação da regra que checa se os há depósito de materiais acima e abaixo dos extintores de incêndio..... | 102 |
| Figura 42 – Ocorrência de inconformidade devido à localização de objetos acima do extintor de incêndio. | 103 |
| Figura 43 – Componentes envolvidos na ocorrência da inconformidade devido à localização de objetos acima do extintor de incêndio. | 104 |
| Figura 44 – Ocorrência de inconformidade devido à localização de objetos abaixo do extintor de incêndio. | 105 |
| Figura 45 – Componentes envolvidos na ocorrência da inconformidade devido à localização de objetos abaixo do extintor de incêndio. | 106 |
| Figura 46 – Parâmetros e informações da regra de checagem da colocação de extintores em escadas, rampas, antecâmaras e seus patamares. | 107 |
| Figura 47 – Modelo de edificação para teste da verificação da colocação de extintores em escadas, rampas, antecâmaras e seus patamares. | 109 |
| Figura 48 – Ocorrência de inconformidade devido à localização de extintores na escada e nas antecâmaras..... | 110 |
| Figura 49 – Componentes do modelo envolvidos na inconformidade da colocação de extintores em escadas, rampas, antecâmaras e seus patamares. | 111 |
| Figura 50 – Parâmetros e informações da regra de checagem da altura dos extintores em relação ao piso acabado. | 113 |
| Figura 51 – Modelo de edificação para teste da verificação da altura dos extintores de incêndio. | 115 |
| Figura 52 – Ocorrência de inconformidade devido à extrapolação da altura máxima de extintor de incêndio em relação ao piso acabado. | 116 |

| | |
|--|-----|
| Figura 53 – Componentes do modelo envolvidos na inconformidade devido a altura do topo do extintor de incêndio até o piso ser maior que 1,60m. | 117 |
| Figura 54 – Vista 3D do modelo do CRAS. | 124 |
| Figura 55 – Regras de verificação das exigências da IN006 após checagem. | 125 |
| Figura 56 – Extintores de incêndio portáteis do CRAS. | 126 |
| Figura 57 – Resultados e informações da ocorrência de um componente do tipo <i>Building Element Part</i> localizado acima e no mesmo espaço de um extintor de incêndio. | 127 |
| Figura 58 – Componentes envolvidos na ocorrência de um componente do tipo <i>Building Element Part</i> localizado acima e no mesmo espaço de um extintor de incêndio. | 128 |
| Figura 59 – Resultados e informações das ocorrências de rodapés localizados abaixo dos extintores de incêndio. | 129 |
| Figura 60 – Componentes envolvidos nas ocorrências de rodapés localizados abaixo dos extintores de incêndio. | 129 |
| Figura 61 – Resultados e informações das ocorrências de extintores posicionados a mais de 1,60m de altura em relação ao piso acabado. | 130 |
| Figura 62 – Componentes envolvidos nas ocorrências de extintores posicionados a mais de 1,60m de altura em relação ao piso acabado. | 131 |
| Figura 63 – Rotas de caminhada até os extintores de incêndios portáteis e seus comprimentos totais, obtidas através de extração de informações. | 132 |
| Figura 64 – Rotas de caminhada e extintores de incêndio portáteis e seus comprimentos totais, obtidas através do modo de visualização de modelos. | 132 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 – Usos do BIM. | 25 |
| Quadro 2 – As tabelas da ABNT NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção). | 30 |
| Quadro 3 – Exemplo de tabela da ABNT NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção). | 31 |
| Quadro 4 – Medidas de proteção ativa e passiva. | 37 |
| Quadro 5 – INs dos sistemas e medidas de segurança contra incêndio. | 40 |
| Quadro 6 – Artigos da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores)..... | 49 |
| Quadro 7 – Capacidade extintora mínima para um extintor portátil constituir uma unidade extintora. | 58 |
| Quadro 8 – Exigências dos extintores portáteis em função do risco de incêndio, expostas no Artigo 7º..... | 66 |
| Quadro 9 – Capacidade extintora mínima para extintores sobre rodas serem considerados como uma unidade extintora..... | 91 |
| Quadro 10 – Resumo das verificações automáticas da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores)..... | 119 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D – Três dimensões

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BCF – *BIM Collaboration Format*

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer Aided Design*

CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina CBMSC

CBPMESP – Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

CRAS – Centro de Referência de Assistência Social

DAT – Diretoria de Atividades Técnicas

EPIC – *Electronic Product Information Cooperation*

FM – *Facilities Management*

GUID – *Globally Unique Identifier*

IFC – *Industry Foundation Classes*

IGES – *Initial Graphics Exchange Specification*

IN – Instrução Normativa

ISO-STEP – *Standard for Exchange of Product Model Data*

IT – Instrução Técnica

LaBIM-SC – Laboratório de BIM de Santa Catarina

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

NSCI – Normas para a Segurança Contra Incêndios e Pânico

OBM – Organizações de Bombeiro Militar

PDF – *Portable Document Format*

PIB – Produto Interno Bruto

PPCI – Projeto Preventivo Contra Incêndio e Pânico

Qa/Qc – *Assurance Control / Quality Control*

RTF – *Rich Text Format*

SAT – Seções de Atividades Técnicas

SCI – Segurança Contra Incêndio

SMC – *Solibri Model Checker*

SPE – Sistema Preventivo por Extintores

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

XML – *Extensible Markup Language*

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 | CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA | 15 |
| 1.2 | MOTIVAÇÃO..... | 18 |
| 1.3 | OBJETIVOS..... | 19 |
| 1.3.1 | Objetivo Geral | 19 |
| 1.3.2 | Objetivos Específicos..... | 19 |
| 1.4 | DELIMITAÇÕES | 19 |
| 1.5 | ESTRUTURA DO TRABALHO | 20 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 21 |
| 2.1 | <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> - BIM | 21 |
| 2.1.1 | O que é BIM..... | 21 |
| 2.1.2 | A Interoperabilidade e o IFC | 23 |
| 2.1.3 | Usos e benefícios do BIM | 25 |
| 2.1.4 | Solibri Model Checker | 26 |
| 2.1.5 | Normatização | 29 |
| 2.1.5.1 | Tradução da ISO 12006-2 | 29 |
| 2.1.5.2 | Sistema de classificação das informações da construção | 29 |
| 2.1.5.3 | Diretrizes para criação de componentes BIM | 32 |
| 2.2 | SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO..... | 33 |
| 2.2.1 | Conceitos sobre fogo e incêndio | 33 |
| 2.2.1.1 | Fogo..... | 33 |
| 2.2.1.2 | Incêndio | 34 |
| 2.2.2 | A Segurança Contra Incêndio (SCI) e as medidas de prevenção e proteção contra incêndio..... | 36 |
| 2.2.3 | Legislação e normatização | 38 |
| 2.2.4 | Outras considerações do projeto em relação à SCI..... | 42 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 2.2.5 | Aplicabilidade do BIM na verificação da segurança contra incêndio | 43 |
| 3 | METODOLOGIA | 45 |
| 4 | DESENVOLVIMENTO | 48 |
| 4.1 | REQUISITOS NORMATIVOS APLICÁVEIS AO PROJETO..... | 48 |
| 4.2 | VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA POR REGRAS DOS REQUISITOS NORMATIVOS | 50 |
| 4.2.1 | Classificações | 50 |
| 4.2.1.1 | Extintores..... | 51 |
| 4.2.1.2 | Risco de incêndio | 54 |
| 4.2.1.3 | Extintores que se constituem como uma unidade extintora | 58 |
| 4.2.2 | Artigo 5º – Cor dos extintores | 60 |
| 4.2.2.1 | Desenvolvimento da regra de verificação | 61 |
| 4.2.2.2 | Resultados da verificação da regra | 63 |
| 4.2.3 | Artigo 6º – Seleção do agente extintor | 65 |
| 4.2.4 | Artigo 7º – Tipo de extintor e distância máxima a percorrer até os extintores portáteis | 66 |
| 4.2.4.1 | Desenvolvimento da verificação | 67 |
| 4.2.4.2 | Resultados da verificação | 71 |
| 4.2.5 | Artigo 8º – Quantidade mínima de extintores portáteis em cada pavimento | 72 |
| 4.2.5.1 | Desenvolvimento das regras de verificação | 73 |
| 4.2.5.2 | Resultados da verificação das regras | 79 |
| 4.2.6 | Artigo 9º – Instalação de extintores de pó tipo B:C em postos de reabastecimento de combustíveis | 82 |
| 4.2.7 | Artigo 10º – Obrigatoriedade de proteção por extintores sobre rodas | 83 |
| 4.2.7.1 | Desenvolvimento das regras de verificação | 83 |
| 4.2.7.2 | Resultados da verificação das regras | 87 |
| 4.2.8 | Artigo 11º – Distância máxima a percorrer até os extintores sobre rodas..... | 90 |
| 4.2.9 | Artigo 13º – Acessibilidade até os extintores sobre rodas..... | 91 |

| | | |
|---------------|---|------------|
| 4.2.10 | Artigo 14º – Capacidades extintoras mínimas de unidades extintoras sobre rodas | 91 |
| 4.2.11 | Artigo 15º – Localização dos extintores | 92 |
| 4.2.11.1 | Desenvolvimento das regras de verificação | 92 |
| 4.2.11.2 | Resultados da verificação | 94 |
| 4.2.12 | Artigo 16º.I – Localização de materiais acima e abaixo de extintores de incêndio | 97 |
| 4.2.12.1 | Desenvolvimento das regras de verificação | 97 |
| 4.2.12.2 | Resultados da verificação | 101 |
| 4.2.13 | Artigo 16º.II – Proibição de instalação de extintores em escadas, rampas, antecâmaras e seus patamares | 106 |
| 4.2.13.1 | Desenvolvimento das regras de verificação | 106 |
| 4.2.13.2 | Resultados da verificação | 108 |
| 4.2.14 | Artigo 17º – Altura máxima dos extintores em relação ao piso | 111 |
| 4.2.14.1 | Desenvolvimento das regras de verificação | 112 |
| 4.2.14.2 | Resultados da verificação | 114 |
| 4.2.15 | Artigos 18º, 19º e 20º – Sinalização dos extintores | 117 |
| 4.3 | RESUMO DAS VERIFICAÇÕES | 118 |
| 4.4 | OUTRAS OBSERVAÇÕES A RESPEITO DAS REGRAS DESENVOLVIDAS | 121 |
| 4.4.1 | Critérios de filtragem de componentes | 121 |
| 4.4.2 | Utilização de outros softwares de modelagem | 121 |
| 4.4.3 | Coerência das características de projeto com as propriedades mantidas nos modelos em formato IFC | 122 |
| 5 | APLICAÇÃO PRÁTICA DAS REGRAS EM UM PROJETO EM BIM EXISTENTE | 123 |
| 5.1 | MODELO UTILIZADO | 123 |
| 5.2 | RESULTADOS DAS VERIFICAÇÕES | 125 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 134 |
| 6.1 | CONCLUSÕES | 134 |

| | | |
|-----|--|------------|
| 6.2 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 137 |
| | REFERÊNCIAS | 138 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Além dos principais danos ocasionados por um incêndio, que correspondem às perdas de vidas e de patrimônio, há também danos indiretos, como: ferimentos, deformações e distúrbios emocionais; perdas para a comunidade causadas por diminuição da produção, desaceleração no mercado de negócios, empregos e impostos; danos ocasionados pelo agente de extinção; demolições; ação da fumaça e calor; deficiência nos valores segurados e indenizações insuficientes; cessamento dos lucros, perda de mercado e de atividade publicitária para empresas com sede em que ocorrer o incêndio; gastos com reconstrução, aluguel de locais provisórios, e compra apressada para reposição de materiais e equipamentos (HANSEN *apud* SOUZA, 1996).

Porém, historicamente, os esforços em relação ao melhoramento das condições de Segurança Contra Incêndio (SCI) e a busca de maior conhecimento sobre o assunto quase sempre ocorreram após grandes catástrofes causadas por incêndios. Desta forma, leis e regulamentos eram implantados a maneira que novos incêndios ocorriam, e aprendia-se com eles (SEITO et al, 2008).

Como a realidade de construir edifícios altos em larga escala no Brasil se concretizou após outros países mais desenvolvidos, o país teve a oportunidade de aprender com as catástrofes ocorridas nestes outros países. Porém, este aprendizado não ocorreu, e foi necessária a ocorrência de incêndios trágicos no país, como nos edifícios Andraus (em 1972, com 16 mortos) e Joelma (em 1974, com 189 mortos), para que se atribuísse a devida importância ao tema de SCI (SEITO et al, 2008). Segundo ONO (2008), a partir destas ocorrências, esta área ganhou impulso no país, tanto no âmbito de pesquisa acadêmica quanto em relação ao aprimoramento de normas e regulamentações.

Mais recentemente, com a tragédia da Boate Kiss em Santa Maria, que deixou 242 mortos, alguns governos federal, estaduais e municipais, além de conselhos de profissionais, entidades civis, Corpos de Bombeiros, entre outras, vêm se mobilizando e demonstrando maior preocupação com a segurança nas edificações de uma forma geral (RODRIGUES; BELEM, 2015). Desde então, em Santa Catarina, as normas estão sendo atualizadas, e inclusive a Instrução Normativa que trata do Sistema Preventivo por Extintores foi atualizada no ano de 2017.

Ainda em relação ao Estado de Santa Catarina, atualmente as considerações em relação à prevenção e proteção contra incêndio são aplicadas na fase de projeto através do Projeto Preventivo Contra Incêndio e Pânico (PPCI), que traz as especificações e dimensionamentos de todos os sistemas e medidas de proteção contra incêndio e pânico de uma edificação. O PPCI é um dos projetos que deve ser apresentado e aprovado para a liberação do início da obra, e também é levado em conta nas vistorias necessárias para obtenção dos alvarás de habitação e funcionamento do imóvel (CBMSC, 2015). Além disso, algumas das exigências da segurança contra incêndio acabam influenciando na concepção de outros projetos, principalmente no arquitetônico.

Entre as etapas do ciclo de vida de uma edificação, as fases iniciais são as que mais têm potencial de provocar influências no custo global de um empreendimento (CII *apud* DUEÑAS PEÑA; FRANCO, 2006). Assim sendo, as decisões tomadas e a qualidade aplicada na fase de projetos têm muita importância, e além do custo, influenciam consideravelmente também o desempenho da edificação. Como aponta Takagaki (2016), por este motivo, a exigência relacionada ao projeto e à produtividade dos seus processos vem aumentando, tornando necessária a alteração da forma como se executam os projetos atualmente. Desta forma, entende-se que o PPCI, que traz as considerações a respeito da SCI na etapa inicial de uma edificação, também deve ter sua forma de execução e metodologia de processos repensada.

O setor de Construção Civil tem uma participação de 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB) no Brasil, e tem 8,5% de pessoal ocupado em relação ao total brasileiro, o que confere um papel de importância socioeconômica no país (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2018). Entretanto, o setor é um dos menos desenvolvidos, baseado em métodos tradicionais e com pouca inovação (NASCIMENTO; SANTOS, 2003). Ademais, conforme afirma Bock (2015) *apud* Catelani e Santos (2016), os métodos mais comuns empregados na construção civil já atingiram seus limites de produtividade, confirmando uma estagnação da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). E, para se conseguir atingir níveis melhores de produtividade e qualidade, vê-se a necessidade de maior inovação e mudanças (CATELANI; SANTOS, 2016).

A respeito da falta de inovação deste setor, pode-se destacar um padrão atrasado no uso da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), que é mais agravado devido à característica das atividades da indústria da construção civil serem baseadas em processos que geram um grande volume de informações (NEWTON *apud* NASCIMENTO; SANTOS, 2003), fato que determina um grande potencial do uso da TIC neste setor.

A partir desse estado atual em que se encontra o setor da AEC, que necessita de processos mais produtivos e automatizados, com maior utilização da TIC, a Modelagem de Informação da Construção, ou *Building Modeling Information* (BIM), vem ganhando mais notoriedade. O BIM é o conjunto de processos que auxilia todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação através de sua representação virtual, que é concebida, analisada e retroalimentada por meio de uma gama de softwares.

Uma das diversas facilidades possibilitadas pelo BIM é a verificação automática por regras, que permite a checagem dos elementos, suas propriedades e relações entre eles de um modelo de uma edificação, através de um modo mais automatizado. Por meio destas checagens, diversos requisitos e especificações de um projeto podem ser verificados, como interferências entre disciplinas, atendimentos a normas técnicas, identificação de deficiências do projeto, etc. Estas regras, que são criadas computacionalmente através de softwares e ferramentas de programação, verificam os modelos em um formato público e interoperável, o IFC (*Industry Foundation Classes*).

A respeito da segurança contra incêndio, as exigências de projeto impostas nesta área são majoritariamente regulamentadas por normas prescritivas, e que tem um grande potencial de serem analisadas através de checagem por regras computacionais. Apesar disso, as atividades relacionadas à análise das exigências de SCI, principalmente pelos órgãos públicos, dos projetos são feitas na maioria dos casos manualmente, com ou sem o auxílio de ferramentas CAD 2D.

Os benefícios acarretados da aplicação deste recurso são a minimização dos erros e do tempo atrelado à análise dos projetos, além de facilitar a colaboração entre os agentes envolvidos nos processos da construção de uma edificação (JEONG; LEE *apud* KATER; RUSCHEL, 2014).

No caso do emprego da verificação automática de regras na checagem do atendimento de requisitos de proteção e prevenção contra incêndio, a redução de erros nos processos envolvidos nestas atividades tem grande relevância, já que estas considerações de projeto têm objetivos importantíssimos, que são a proteção da vida humana, a proteção do patrimônio e a continuidade do processo produtivo.

Já em relação ao acréscimo de rapidez no processo, espera-se que sejam poupados esforços nas atividades relacionadas à análise de projetos no tocante das exigências de SCI, que podem ser redirecionados para o melhoramento da segurança contra incêndio de um modo geral. Além disso, muitos outros ganhos são decorrentes da redução do tempo de

aprovação dos projetos. Como aponta Sarquis (2018), a demora na aprovação dos projetos é encarada como um grande gargalo da indústria da construção civil, já que, enquanto se aguarda muito pela aprovação dos projetos, o setor deixa de produzir, ficando com investimentos parados, empregos adiados e impostos deixados de ser recolhidos, impactando na sociedade e na economia do país.

Outra consideração importante a ser feita é em relação à parametrização subjetiva de alguns requisitos exigidos pelas normas de segurança contra incêndio. Isto é, exigências que não possuem parâmetros objetivos – que são aqueles de contagem, existência ou não de equipamentos, distâncias máximas ou mínimas, entre outras –, mas sim parâmetros qualitativos. Estes parâmetros, ditos como “mal parametrizados”, fazem com que fique a critério de cada analista de projeto considerar se determinada especificação ou dimensionamento do projeto, que seja regulamentada por um parâmetro subjetivo, está em conformidade ou não com a norma. E isto causa dificuldades aos projetistas no momento da elaboração dos projetos.

Então, com a implantação de uma metodologia de análise de projetos com utilização de verificação automática de regras, serão necessárias adaptações nas normas para que se melhore a parametrização dos critérios da norma, já que não é possível criar regras de verificação automática com parâmetros subjetivos.

Além disso, pode-se considerar que o fato de os órgãos que analisam os projetos não serem aptos a verificar projetos em BIM é um problema, já que, apesar de o uso do BIM não estar muito difundido no Brasil, já existem empresas e profissionais que o utilizam. E sem a utilização de verificação automática de regras para análise dos projetos, não estaria sendo utilizado todo o potencial do BIM. E ainda, com o constante crescimento do uso do BIM, haverá a necessidade em algum momento dos órgãos responsáveis pela análise dos projetos se adaptarem totalmente a nova “era BIM”.

Ademais, caso seja antecipado o uso dos recursos do BIM pelos órgãos aprovadores de projetos, é provável que isto cause um estímulo aos demais agentes envolvidos com o setor da construção civil em se adequar às novas ferramentas e métodos do BIM.

1.2 MOTIVAÇÃO

A motivação se dá pelo fato de o autor ter participado de um projeto, durante o estágio obrigatório no Laboratório de BIM de Santa Catarina (LaBIM-SC), que tinha como objetivo auxiliar o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) a se preparar

para receber projetos em BIM. Então, foi percebido que um trabalho acadêmico com este tema tem o potencial de aproximar o Corpo de Bombeiros à Universidade.

Além disso, como os integrantes deste projeto do LaBIM-SC são majoritariamente estudantes que estagiam do laboratório, e o tempo de duração do estágio destes integrantes é menor que o do projeto, há uma considerável rotatividade de participantes envolvidos. Desta forma, este trabalho poderá servir com um guia, que introduzirá o tema, os fundamentos e a metodologia aos futuros envolvidos com o projeto, funcionando como uma ferramenta de gestão de conhecimento do projeto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar, por meio de verificação automática de regras, as especificações dos Sistemas Preventivos por Extintores (SPE) em modelos BIM, sob os aspectos regulamentadores da Instrução Normativa 006 (Sistema Preventivo por Extintores) do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC).

1.3.2 Objetivos Específicos

- Criar regras de checagem correspondentes às exigências da IN-006 (Sistema Preventivo por Extintores) por meio do software Solibri Model Checker;
- Descobrir as limitações da utilização do software Solibri Model Checker para a finalidade desta pesquisa;
- Descobrir as limitações das INs envolvidas na pesquisa sob o aspecto da verificação de suas exigências por uso de regras automáticas;
- Realizar a verificação das exigências da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores) em um projeto em BIM real, utilizando as regras de checagem desenvolvidas no trabalho.

1.4 DELIMITAÇÕES

Este trabalho se limita à criação de regras de checagem para verificar o atendimento de projetos de edificações apenas em relação aos sistemas de extintores de incêndio. E para a criação das regras de checagem foi utilizado apenas o software *Solibri Model Checker* (SMC). A norma utilizada para avaliar a conformidade dos sistemas de extintores foi a IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores), que é a norma vigente no Estado de Santa Catarina. As regras criadas foram testadas em uma edificação térrea com ocupação pública.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos, descritos da seguinte forma:

O capítulo 1 contém a introdução, justificativa, objetivos, e estrutura do trabalho. São abordadas as considerações iniciais, a contextualização e as consequências do tema ao setor da AEC, justificando a importância do trabalho.

No capítulo 2 é descrita uma fundamentação teórica, fazendo uma inserção ao tema e aos fundamentos utilizados para a elaboração do trabalho.

O capítulo 3 apresenta o método de pesquisa do trabalho, isto é, quais foram os procedimentos para alcançar os objetivos propostos.

No capítulo 4 está exposto o desenvolvimento do trabalho, onde foram apresentadas a criação e as configurações das regras de checagem, e os resultados dos testes destas regras em modelos genéricos, assim como outras considerações a respeito das regras.

No capítulo 5 estão apresentados os resultados de um teste prático das regras desenvolvidas em um projeto consolidado.

Por fim, no capítulo 6 são feitas as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 *BUILDING INFORMATION MODELING* - BIM

2.1.1 O que é BIM

A modelagem da informação da construção, mundialmente conhecida como Building Modeling Information (BIM), segundo EASTMAN et al (2014, p. 13), “ainda não possui uma definição única e amplamente aceita”. Inclusive, existem estudos em relação à definição do BIM, como feito por Latiffi, Brahim e Fathi (2014), que afirma que diferentes definições do BIM foram usadas e espalhadas amplamente com diferentes perspectivas. Para o mesmo autor, o BIM é uma nova metodologia que envolve o uso de tecnologias utilizadas para melhorar a colaboração e comunicação dos agentes da construção assim como do gerenciamento da documentação.

Já segundo General Services Administration (2007), BIM é o desenvolvimento e a utilização de softwares de modelagem de dados para documentar projetos e simular a construção e a operação de uma nova construção ou de uma reforma, resultando em um modelo de informações da edificação, ou *Building Information Model*. Este modelo é rico em dados, baseado em objetos, inteligente e representado digitalmente e parametrizado, com visualizações particularizadas para cada papel que pode ser assumido por um usuário, permitindo também a extração e análise das informações do modelo para gerar retroalimentação e melhoria ao projeto da edificação.

No entanto, alguns autores consideram o BIM mais como um objetivo, ao invés de uma atividade, como a Cooperative Research Centre for Construction Innovation (2007), que define o BIM como uma descrição 3D digital integrada de uma construção, com representação visual e geometria precisa. Além disso, o BIM possui atributos que definem a descrição detalhada da construção e as relações que definem a natureza do contexto com outros objetos. Desta forma, o BIM é conhecido como um modelo rico, já que todos os objetos nele possuem propriedades e relações, que geram dados que podem ser usados para desenvolver simulações ou cálculos a respeito da construção.

Dadas as diversas definições do BIM, ainda assim pode-se dizer que “poucas equipes de projeto ou construção estão realmente usando o BIM hoje” (EASTMAN et al., 2014, p. 13). A razão disto, segundo o mesmo autor, é que o BIM pode ser entendido como uma

simulação inteligente da arquitetura, e para que se possa considerar que o BIM esteja integralmente implementado, essa simulação deve ser (EASTMAN et al., 2014):

- a) digital;
- b) espacial (3D);
- c) mensurável, ou seja, quantificável, dimensionável e consultável;
- d) abrangente, incluindo a incorporação e comunicação da finalidade do projeto, assim como o desempenho da edificação, a construtibilidade, e aspectos sequenciais e financeiros de meios e métodos;
- e) acessível aos agentes e ao proprietário do empreendimento por meio de uma área de interação interoperável e intuitiva; e
- f) durável, em que se possa utilizar em todo o ciclo de vida da edificação.

Cabe destacar também que o BIM não trata apenas da modelagem de edifícios, mas também é aplicado à construção de pontes, estradas, etc.

Além disso, existem alguns conceitos aplicados para garantir o máximo potencial do processo e que fazem parte da fundamentação da plataforma BIM, e que são tratados por Santos (2007) como a “essência do BIM”. São eles: modelagem paramétrica baseada em objetos; unicidade do modelo; interoperabilidade; e utilização em todo o ciclo de vida da edificação.

A modelagem paramétrica consiste em representar os objetos do modelo através de parâmetros e regras que determinam a geometria e outras propriedades e características não geométricas, que são atualizadas automaticamente de acordo com o controle do usuário ou mudanças de contexto. Como comparação, no CAD 3D tradicional todos os elementos têm seus aspectos geométricos editados manualmente pelos usuários; já com o uso de um modelador paramétrico, as definições de geometria e outras características do elemento são ajustadas automaticamente quando o objeto for inserido no modelo, ou quando modificações forem feitas no contexto ou em outros objetos associados (EASTMAN et al., 2014).

Outro conceito caracterizado como parte da essência do BIM é a abordagem do modelo da edificação em todo o seu ciclo de vida, passando pelas seguintes fases: estudo de viabilidade; projeto, incluindo todas as disciplinas integradas à edificação; execução; uso e operação, abordando os conceitos de gestão de facilidades, ou *facilities management* (FM); e por fim a requalificação ou demolição. Cabe destacar também, que todas estas informações advindas de fases diferentes são agregadas a um único modelo, o que não quer dizer que seja um único arquivo, mas sim um modelo que tem todas as informações referentes a todas as

suas disciplinas e suas fases inseridas em aplicações diferentes, porém compatibilizadas através de um único modelo integrado e consistente (SANTOS, 2007).

A interoperabilidade será tratada com mais abrangência na próxima subseção, devido à maior relevância para este estudo.

2.1.2 A Interoperabilidade e o IFC

De modo geral, o termo interoperabilidade é definido como a “Capacidade de um sistema para interagir e comunicar com outro” (DPLP, 2018). Desta forma, quando se trata de interoperabilidade no âmbito do BIM, pode-se afirmar que, segundo Eastman et al. (2014, p. 461), o termo representa a “habilidade de ferramentas BIM de diferentes desenvolvedores de trocar dados do modelo de construção e operar sobre esses dados. Interoperabilidade é um requisito importante para a colaboração de equipes”.

A importância da interoperabilidade se evidencia com o fato de que todas as fases da construção de uma edificação possuem diversos agentes, responsáveis por sistemas específicos, e a tendência é que estes sistemas sejam suportados por aplicações apropriadas para cada um deles (EASTMAN et al., 2014). Assim sendo, uma boa interoperabilidade permite uma troca de dados satisfatória entre diversas ferramentas, com o máximo de dados sendo levados de uma aplicação para outra, evitando a replicação de dados de entrada, ou seja, eliminando a necessidade de inserir dados de entrada em um software que já tenham sido inseridos em outro. Por conseguinte, evita-se o retrabalho e o possível erro acumulado na replicação dos dados, atingindo um bom fluxo de trabalho entre diferentes ferramentas (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Para Andrade e Ruschel (2009), é necessário que haja um protocolo padrão para trocas de dados, e que este protocolo esteja implementado, para que seja possível uma boa interoperabilidade. Segundo Eastman et al. (2014), alguns esforços neste sentido já eram necessários no contexto do CAD 2D, que teve início no final dos anos 1970 e início dos anos 1980. Um bom exemplo deles é de quando a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) solicitou às companhias de software de CAD que elas entrassem em acordo em relação a um formato de domínio público para intercâmbio, já que a agência estava tendo muitos gastos financeiros desenvolvendo tradutores para estas ferramentas. O resultado foi a criação de um padrão chamado IGES (*Initial Graphics Exchange Specification*), que mesmo com a criação de outros padrões após ele, ainda é usado por agentes de projeto e engenharia.

No cenário do BIM, as primeiras atividades com a finalidade de criar um padrão de troca de informações ocorreram em 1994, quando 12 companhias norte-americanas, lideradas pela empresa de softwares Autodesk, criaram a *Industry Alliance for Interoperability* a partir de um consórcio entre elas, que tinha o objetivo de desenvolver um conjunto de classes na linguagem computacional C++ que suportassem um desenvolvimento integrado de aplicações. Mais tarde, em 1997, a Aliança mudou seu nome para *International Alliance for Interoperability*, se reconstituindo como uma organização internacional sem fins lucrativos, com a intenção de publicar um modelo neutro de dados de produtos da indústria AEC, resultando no *Industry Foundation Classes* (IFC) (EASTMAN et al., 2014).

Segundo (Manziona, 2013), no ano de 2015, a IAI passou a se chamar *buildingSMART*, que é especializada no uso do BIM e do IFC, e vêm desenvolvendo padrões para o trabalho com o BIM de maneira aberta, que são denominados como *open BIM*.

Segundo a *buildingSMART* (2018), o IFC é definido como um esquema de dados comuns que torna possível manter e trocar dados relevantes entre diferentes softwares. Além disso, o IFC segue os conceitos de padronização da ISO-STEP (*Standard for Exchange of Product Model Data*), e tem como linguagem de programação a EXPRESS (EASTMAN et al., 2014).

No código computacional de um modelo em IFC, que pode ser aberto através de um software de texto, cada linha do código representa uma entidade. Cada entidade é identificada através de um GUID (*Globally Unique Identifier*) e pode representar: um objeto, retratando que tipo de componente da edificação esta entidade representa, por exemplo, uma parede, um móvel ou uma conexão de tubos; uma propriedade, definindo algumas características materiais, de desenho, energéticas, entre outras, sobre os componentes do edifício, sendo uma entidade abstrata; ou uma relação, que pode ser entre objetos ou entre objetos e propriedades, caracterizada também como uma entidade abstrata (EASTMAN et al., 2014).

Além disso, segundo Manziona (2013) as entidades de um modelo do IFC são apresentadas hierarquicamente, sendo que cada entidade herda propriedades e relações das entidades interligadas e hierarquicamente superiores a ela, chamadas de supertipos. Da mesma forma, as propriedades e relações representadas em uma entidade qualquer serão transmitidas para outras inferiores, chamadas de subtipos, que estejam no mesmo seguimento hierárquico. Para realizar estas associações entre entidades, as mesmas são referenciadas através dos seus GUIDs.

Existem também dois tipos de entidades criadas especificamente para tornar o IFC mais flexível e extensível, que são os *PropertySets* e os *ProxyObject*. Os primeiros são

conjuntos de propriedades que podem ser atribuídas a objetos de um modelo. Existem alguns conjuntos de propriedades pré-definidos nos padrões do IFC. Porém, é possível criar *PropertySets* customizados, caso seja necessário acrescentar propriedades a uma entidade que não estão primariamente definidas pela buildingSMART e incluídas nos moldes no IFC, como por exemplo, classificações e códigos de elementos da construção civil criadas e utilizadas em determinadas localidades. Já os *ProxyObjects* tem o objetivo de permitir a criação de novas entidades que também não foram definidas nos padrões existentes do IFC (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

2.1.3 Usos e benefícios do BIM

Segundo a AsBEA (2013), a aplicação do BIM pode ser feita de várias formas ao longo do ciclo de desenvolvimento do projeto, construção e operação do edifício. São apresentados no Quadro 1 os usos do BIM em cada fase do ciclo de vida da edificação, segundo o mesmo autor.

Quadro 1 – Usos do BIM.

| | |
|------------------------------|---|
| Projeto | <ul style="list-style-type: none"> • Concepção do projeto; • Documentação do projeto; • Visualização do projeto; • Compatibilização dos projetos. • Revisão de projeto; • Análise de eficiência energética; • Avaliação de critérios de sustentabilidade; • Análises de engenharia; • Extração de quantitativos. |
| Construção | <ul style="list-style-type: none"> • Planejamento da logística de canteiro; • Planejamento e controle 4D; • Coordenação 3D; • Fabricação digital; • Gestão de custos; • Mock-ups virtuais. |
| Operação e manutenção | <ul style="list-style-type: none"> • Programação de manutenção preventiva; • Análise dos sistemas do edifício; • Gerenciamento do edifício; • Gerenciamento dos espaços; • Plano de evacuação do edifício; • Modelo consolidado (final). |

Fonte: Adaptado de AsBEA (2013).

De acordo com Eastman (2014), os benefícios da utilização do BIM também podem ser classificados de acordo com a fase da edificação, sendo que este autor inclui a fase de pré-

construção como uma das fases, que, dependendo do autor, pode ser incluída como parte da fase de projeto. Estes benefícios são descritos a seguir (EASTMAN et al, 2014).

- **Pré-construção:** maior facilidade em relação aos estudos preliminares de conceitos e viabilidade, que garantem maior segurança financeira e incremento de qualidade à construção como um todo.
- **Projeto:** visualização mais precisa em estágios iniciais do projeto, através do modelo 3D; correção automática de baixo nível após mudanças no projeto, por meio de objetos parametrizados; geração de desenhos 2D detalhados em qualquer etapa do projeto; colaboração multidisciplinar em estágios iniciais do projeto facilitada; verificação das intenções do projeto através de quantitativos e estimativas de custo facilitadas; extração de quantitativos e estimativas de custos em qualquer etapa do projeto; maior eficiência no processo de análise energética e de sustentabilidade.
- **Construção e fabricação:** sincronização do planejamento da construção com o projeto, através dos objetos modelados, permitindo a simulação do processo de construção e da aparência do canteiro em qualquer estágio da construção; detecção de interferências físicas no projeto e omissões antes da execução; rapidez no processo de adaptação do projeto às mudanças e problemas, devido à modelagem paramétrica; utilização do modelo como base para aquisição de componentes fabricados; melhor implementação de técnicas da construção enxuta; possibilidade de sincronização da aquisição de materiais com projeto e construção.
- **Pós-construção:** melhor gerenciamento da operação e manutenção de facilidades das edificações, sendo possível a integração com sistemas próprios para este fim.

2.1.4 Solibri Model Checker

O *Solibri Model Checker* (SMC) é um software finlandês que tem como principal proposta analisar modelos BIM em relação à integridade, qualidade e segurança física. Da mesma forma, o SMC torna os processos de garantia e controle de qualidade, conhecido como *Assurance Control / Quality Control* (Qa/Qc), os mais fáceis possíveis através de uma análise profunda do modelo que revela as potenciais falhas e fraquezas do projeto, enaltecendo os

conflitos entre componentes e checando se a edificação cumpre requisitos normativos (SOLIBRI, 2014).

Diferentemente da compatibilização de projetos com a detecção de apenas conflitos geométricos, o SMC também analisa o modelo através de uma gama de modelos de regras pré-definidas, que estão expostas e descritas no Anexo A, que mostra uma lista de todas as regras da versão 9.6 do SMC, obtida junto ao LaBIM-SC. Estas regras podem considerar outros parâmetros dos componentes da edificação, além da geometria e forma. A ferramenta permite também adaptar as regras existentes de acordo com as exigências de cada localidade ou com as particularidades específicas de cada projeto, através da edição dos *rulesets*, que são os conjuntos de regras do software. Após a checagem das regras, são apontadas as ocorrências de conformidade ou não-conformidade (dependendo do funcionamento da regra). Estas ocorrências podem ser visualizadas e gerenciadas, já que o software aponta na visualização 3D do modelo os componentes que estão envolvidas na ocorrência (SOLIBRI, 2014).

Segundo Khemlani (2018), como o SMC foi desenvolvido desde o seu princípio para trabalhar com arquivos no formato IFC, pode-se dizer que a ferramenta está de acordo com a filosofia de interoperabilidade do *OpenBIM*, proposta pela *buildingSMART*. Além disso, o software permite que diversos IFCs sejam abertos ao mesmo tempo, tornando possível a visualização sobreposta de disciplinas diferentes de um mesmo projeto (que podem ter sido geradas por softwares diferentes), e além do mais, essa junção dos modelos sobrepostos pode ser salva em um único arquivo compactado. Neste mesmo sentido, há também um recurso em que é possível comparar dois modelos através de regras de checagem automática, em que o software indica as diferenças entre os dois modelos, auxiliando principalmente no controle de revisões de um mesmo projeto.

Outra funcionalidade do software é a ferramenta de extração de informações dos componentes do modelo, em que o usuário pode obter diversas informações como quantidade, área, volume, entre outras, a respeito dos elementos da edificação, que podem estar agrupados por tipo ou outras características. A seleção destes elementos é feita através de classificações editáveis do software que utilizam as características dos elementos como parâmetro de seleção, como nome, tipo, espessura, altura, entre outras características que podem ser atribuídas aos elementos, e que constarem no IFC do modelo, inclusive por meio de *PropertySets* (KHEMLANI, 2018).

Todas as análises realizadas no software podem ser documentadas e exportadas através de relatórios em arquivos PDF (*Portable Document Format*), XML (*eXtensible*

Markup Language), RTF (*Rich Text Format*) e, inclusive, BCF (*BIM Collaboration Format*), que é um formato desenvolvido para a colaboração de projetos em BIM e é suportado por diversos aplicativos, que mostram comentários e marcações feitas no SMC para a comunicação no processo de colaboração de projetos (KHEMLANI, 2018). Além do mais, quando o arquivo BCF é aberto no software que gerou o modelo inicialmente, os detalhes das ocorrências das checagens das regras feitas no SMC são automaticamente anexados aos componentes envolvidos com a ocorrência (AEC MAGAZINE, 2013).

Na parte de comunicação, o software também permite criar uma apresentação de slides com anotações e imagens instantâneas do modelo, que ao serem clicadas, mostram dentro da ferramenta de visualização 3D o local representado na imagem, e partindo dessa visualização, o usuário pode se movimentar pela modelo da edificação e alterar as configurações de visualização para enxergar o contexto da imagem da forma de sua preferência (LIPP, 2016).

A respeito da visualização do modelo, além de ferramentas tradicionais disponíveis na maioria dos softwares, como zoom, *pan*, girar e caminhar, o SMC também dispõe de um modo game – que permite que o usuário caminhe por dentro do modelo de forma semelhante a um jogo em primeira pessoa –, e de um modo de seccionamento. Há também outras funcionalidades como: árvore de visualização do modelo, em que pode se filtrar a visualização por contenção, tipos de objetos ou por *layers*; disponibilidade de desligar ou tornar transparente a visualização de elementos específicos do modelo; seleção de elementos ou categorias em checagens ou outras funcionalidades, em que a instância selecionada é automaticamente destacada através de zoom; além de outras funcionalidades (KHEMLANI, 2018).

Uma das limitações do SMC é que, segundo Takagaki (2016) a criação de regras novas está restrita apenas à edição e/ou à junção das regras pré-existent no programa, através da adição, remoção ou modificação dos parâmetros destas regras. Porém, para a elaboração de regras não existentes, a empresa desenvolvedora do software se compromete em criar novas regras através de consultoria, mas é um processo que leva tempo e necessita de pesquisa, e depende do interesse das partes envolvidas.

Cabe destacar também que o software é usado apenas para análise de modelos, e não foi desenvolvido para conceber ou editar os mesmos, impedindo o seu uso para a correção de problemas de modelagem do projeto, ficando a cargo do responsável por cada disciplina usar um software próprio de modelagem, que geralmente é o mesmo que foi usado para originar o modelo (TAKAGAKI, 2016).

2.1.5 Normatização

Segundo Catelani e Santos (2016), no Brasil, os esforços em relação ao desenvolvimento de normas técnicas sobre BIM tiveram início em 2009, através de uma iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, quando foi criada a Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção (ABNT/CEE-134). As primeiras atividades iniciais para a Comissão foram a tradução da norma ISO 12006-2, o desenvolvimento de um sistema de classificação para a construção, e o desenvolvimento de diretrizes para criação de componentes BIM.

2.1.5.1 Tradução da ISO 12006-2

No ano de 2010, a norma ISO 12006-2 foi traduzida, dando origem a ABNT NBR ISO 12006-2:2010 Construção de edificação – Organização de informação da construção – Parte 2: Estrutura para classificação de informação, que apresenta as orientações padronizadas para a criação de sistemas de classificação das informações da construção, de forma compatível com os sistemas de classificação internacionais (CATELANI; SANTOS, 2016).

No ABNT Catálogo (2018, p. 1), a norma está apresentada da seguinte forma:

“Esta Parte da ABNT NBR ISO 12006 estabelece uma estrutura para o desenvolvimento de sistemas de classificação do ambiente construído. Ela identifica um conjunto de títulos de tabelas de classificação, recomendadas para uma variedade de classes de objetos da construção, de acordo com pontos de vista diversos e particulares, por exemplo, pela forma ou pela função. Apresenta também como as classes dos objetos, em cada tabela, estão relacionadas como uma série de sistemas e subsistemas, por exemplo, em um modelo de informação da construção.”

2.1.5.2 Sistema de classificação das informações da construção

Segundo Manzione (2013), é essencial para a organização dos processos da AEC que haja um sistema de classificação das informações, e ainda mais importante para o BIM, devido à utilização dos objetos paramétricos e a maior necessidade da interoperabilidade. Para Catelani e Santos (2016), até a simples atividade de nomeação dos componentes, funções e processos relacionados ao setor de construção pode gerar mal entendidos e retrabalhos, enfatizando a necessidade da padronização das informações, que tende a auxiliar a viabilização do trabalho colaborativo.

A nível internacional, já existem diversas classificações como *OmniClass*, *Uniformat*, *MasterFormat*, *Unified Classification for the Construction Industry (Uniclass)* e *Electronic Product Information Cooperation (EPIC)* (MANZIONE, 2013). Porém, há a necessidade de uma classificação que tenha como idioma o português brasileiro e que inclua informações específicas inseridas na indústria AEC do Brasil.

Neste contexto, está sendo desenvolvida a ABNT NBR 15965, que é a primeira norma técnica BIM Brasileira que traz um sistema de classificação das informações, oferecendo a possibilidade de padronização de nomenclaturas e códigos de classificação, que poderão ser utilizados por todos os agentes da indústria AEC do Brasil. A classificação é organizada de forma hierarquizada e facetada, requerendo a utilização e a junção de diferentes termos e seus códigos para a representação de cada componente, recurso, processo ou resultado envolvido na indústria da construção civil (CATELANI; SANTOS, 2016).

O texto-base para o desenvolvimento da NBR é o sistema *OmniClass*, que foi criado para o setor de construção da América do Norte (CATELANI; SANTOS 2016). Segundo Silva e Amorim (2011), este sistema tem a característica multifacetada, já que emprega informações de outros sistemas de classificação, que no caso são: o *MasterFormat*, na classificação dos resultados; o *Uniformat*, na classificação dos componentes; e o EPIC, na classificação dos produtos. Contudo, segundo Catelani e Santos (2016), a NBR 15965 não será apenas uma tradução das tabelas da *OmniClass*, já que também serão incluídas ao sistema particularidades presentes na indústria de construção civil brasileira.

O sistema possuirá 13 tabelas, conforme mostrado no Quadro 2. Cada tabela possuirá duas colunas, uma com o código da classificação, com organização hierárquica, e outra com o termo padronizado, como está exposto no **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Quadro 2 – As tabelas da ABNT NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção).

| Tema | Assunto | Código da Tabela |
|-----------------------------|--------------|------------------|
| Características dos objetos | Materiais | 0M |
| | Propriedades | 0P |
| Processos | Fases | 1F |
| | Serviços | 1S |
| | Disciplinas | 1D |
| Recursos | Funções | 2N |
| | Equipamentos | 2Q |
| | Componentes | 2C |

Fonte: ABNT (2011).

Continua

Quadro 2 – As tabelas da ABNT NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção).

Continuação

| Tema | Assunto | Código da Tabela |
|----------------------------------|----------------|-------------------------|
| Resultados da construção | Elementos | 3E |
| | Construção | 3R |
| Unidades e espaços da construção | Unidades | 4U |
| | Espaços | 4A |
| Informação da construção | Informação | 5I |

Fonte: ABNT (2011).

Quadro 3 – Exemplo de tabela da ABNT NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção).

| Código | Termo |
|----------------|--------------------|
| 0M.10.00.00.00 | Elementos químicos |
| 0M.10.10.00.00 | Elementos sólidos |
| 0M.10.10.01.00 | Carbono |
| 0M.10.10.03.00 | Silício |
| 0M.10.10.05.00 | Fósforo |
| 0M.10.10.07.00 | Enxofre |
| 0M.10.10.09.00 | Cálcio |
| 0M.10.10.11.00 | Iodo |
| 0M.10.10.13.00 | Boro |
| 0M.10.10.15.00 | Magnésio |

Fonte: ABNT (2012).

Além disso, a norma será dividida em seis partes, sendo que as partes 1, 2, 3 e 7 já estão publicadas, enquanto que as demais estão em desenvolvimento (CATELANI; SANTOS, 2016). A Figura 1 a seguir mostra quais tabelas estão inseridas em cada parte da norma, assim como quais tabelas já foram publicadas e quais estão sendo desenvolvidas.

Figura 1 – Status das publicações das partes da NBR 15965

| ABNT - CEE-134 - Sistema de Classificação de Informações da Construção - BIM | | | | | PROJETOS | NORMAS PUBLICADAS / STATUS |
|--|--|--------------------|--------|-----------|------------------|---|
| Estrutura de Classes | | | | | ↓ | ↓ |
| ABNT ISO 12006/2:2010 (Tradução ISO 12006/2:2006) | | | | | 134.000.01-001/1 | ABNT NBR ISO 12006-2:2010 |
| Classificação e Terminologia | | | | | 134.000.02-001/1 | ABNT NBR 15965-1:2011 |
| Identificador de Grupo | Tema | Assunto | Tabela | OMNICLASS | | |
| 0 | Características dos Objetos | Materiais | 0M | 41 | 134.000.02-001/2 | ABNT NBR 15965-2:2012 |
| | | Propriedades | 0P | 49 | | |
| 1 | Processos | Fases | 1F | 31 | 134.000.02-001/3 | ABNT NBR 15965-3:2014 |
| | | Serviços | 1S | 32 | | |
| | | Disciplinas | 1D | 33 | | |
| 2 | Recursos | Funções | 2N | 34 | 134.000.02-001/4 | Tabelas 2N-Funções e 2Q-Equipamentos já aprovadas em plenária. Tabela 2C-Componentes ainda incompleta |
| | | Equipamentos | 2Q | 35 | | |
| | | Componentes | 2C | 23 | | |
| 3 | Resultados da construção | Elementos | 3E | 21 | 134.000.02-001/5 | Tab 3E-Elementos já aprovada em plenária 3R-Resultados em análise plenária |
| | | Construção | 3R | 22 | | |
| 4 | Unidades e Espaços da construção | Unidades p/ Função | 4U | 11 | 134.000.02-001/6 | Tabelas em fase de revisão nas sessões plenárias, |
| | | Unidades p/ Forma | 4V | 12 | | |
| | | Espaços p/ Função | 4A | 13 | | |
| | | Espaços p/ Forma | 4B | 14 | | |
| 5 | Informação da construção | Informação | 5I | 36 | 134.000.02-001/7 | ABNT NBR 15965-7:2015 |
| x | GT Componentes BIM (Bibliotecas) ==> Relator: Eduardo Toledo | | | | 134.000.03-001 | ** nenhum conteúdo publicado até o momento ** |
| x | ABNT ISO 12006/2:2017 (Tradução ISO 12006/2:2015) | | | | 134.000.04-001 | Tradução concluída e já enviada à ABNT |

Fonte: Catelani; Santos (2016).

2.1.5.3 Diretrizes para criação de componentes BIM

Com a tendência de migração do uso do CAD para o BIM, os projetistas estão tendo como entrave a pouca disponibilização, por parte dos fabricantes e fornecedores da indústria da construção, dos seus produtos em formato BIM, dificultando a inclusão destes componentes nos modelos dos edifícios. Apesar de algumas marcas já terem disponibilizado bibliotecas com seus produtos – como Tigre, Docol e Deca, que foram as pioneiras nesse âmbito no Brasil –, ainda há poucos fabricantes que tenham disponibilizados seus componentes (NOGUEIRA, 2017).

Neste sentido, em julho de 2012 foi criado o Grupo de Trabalho de Componentes BIM (GT), na conjuntura da ABNT/CEE-134 (CATELANI; SANTOS, 2016). Este grupo tem como objetivo criar uma padronização dos componentes BIM, fornecendo orientações aos fornecedores da indústria que os permitam gerar e disponibilizar, nos moldes especificados, os componentes em BIM que representem seus produtos e que contenham todas as informações necessárias a uma modelagem eficiente (CAMPESTRINI et al., 2015).

Para este fim, o GT vinha realizando reuniões mensais, em que eram discutidos assuntos relacionados aos componentes, como seus usos, parâmetros, nível de detalhamento (LOD), entre outros (NOGUEIRA, 2017).

2.2 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

2.2.1 Conceitos sobre fogo e incêndio

2.2.1.1 Fogo

Segundo a NBR 13860: Glossário de Termos Relacionados com a Segurança Contra Incêndio, “o fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz” (ABNT, 1997, p. 6). Esta é a mesma definição encontrada na Instrução Normativa (IN) 004: Terminologia de Segurança Contra Incêndio (CBMESP, 2018a).

De acordo com Seito et al. (2008), há uma representação conhecida como Tetraedro do Fogo, em que as faces da figura geométrica representam os elementos que precisam coexistir para manter o fogo aceso, ou seja, se um dos elementos for retirados, o fogo é apagado. Este é um dos fundamentos básicos utilizados nos conceitos de segurança contra incêndio. Estes componentes são o combustível, o comburente, o calor e a reação em cadeia, conforme exposto na Figura 2 a seguir.

Figura 2 – Tetraedro do fogo.



Fonte: CBPMESP (2011a).

De acordo com a Instrução Técnica (IT) 02: Conceitos Básicos de Segurança Contra Incêndio, do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP), o combustível e o comburente são os reagentes da reação de oxidação (processo de combustão), sendo que o primeiro pode ser caracterizado como uma substância que pode produzir calor

através desta reação, enquanto o segundo é uma substância (geralmente o oxigênio) responsável por alimentar a reação. Já o calor é uma forma de energia que é liberada com a reação e pode se transferir de um corpo para outro caso exista uma variação de temperatura entre os corpos (CBPMESP, 2011a).

Existem também vários fatores que influenciam o início e o manutenção do fogo, como estado físico da matéria (sólido, líquido ou gasoso), massa específica, superfície de contato, calor específico, calor latente de evaporação, ponto de fulgor, ponto de ignição, presença de mistura inflamável, quantidade de calor, composição química dos reagentes, quantidade de oxigênio disponível, umidade, entre outros (SEITO et al., 2008).

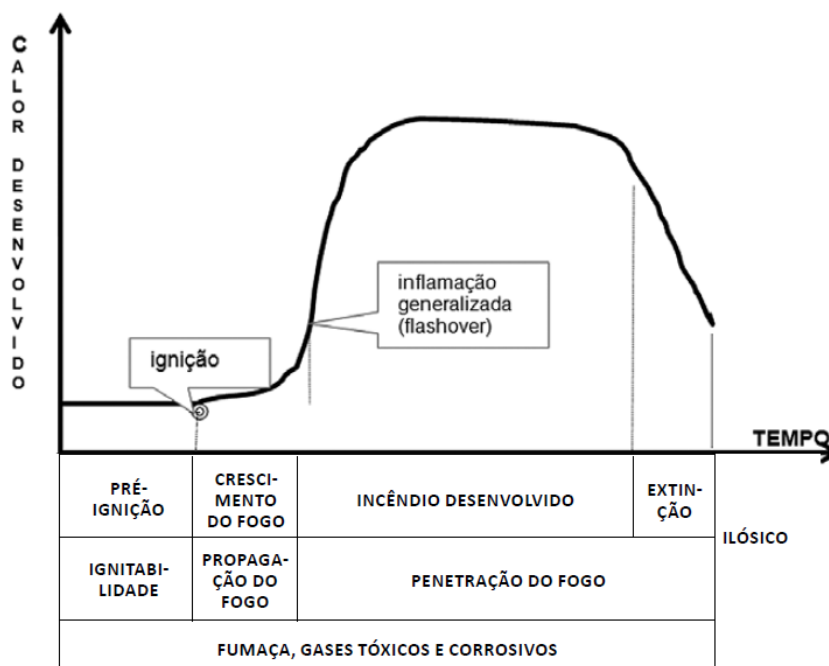
De acordo com CBMESP (2011a), o calor pode se propagar através de três formas básicas: condução, em que a energia é transmitida por um material sólido, no sentido de uma região com temperatura superior para uma com temperatura inferior; convecção, com a transmissão de energia através da movimentação do fluido de maior temperatura; e radiação, através de elemento gasoso ou pelo vácuo, com transmissão por ondas eletromagnéticas.

2.2.1.2 Incêndio

Segundo a IT 03 (Terminologia de segurança contra incêndio) do CBPMESP, o incêndio “é o fogo sem controle, intenso, o qual causa danos e prejuízos à vida, ao meio ambiente e ao patrimônio” (CBPMESP, 2011b, p.136). Já de acordo com ABNT (1997, p. 7), o termo “incêndio” é definido como “fogo fora de controle”. Esta última definição também é idêntica à exposta na IN 04 (CBMSC, 2018a). Outra descrição pertinente do termo é a encontrada na IT 03, que define o incêndio como “o fogo indesejável, qualquer que seja sua dimensão” (CBPMESP, 2011, p. 94). Para finalizar a exposição da falta de consenso em relação ao termo em questão, segundo Seito et al. (2008), também diz-se no Brasil que o fogo que causa poucos danos é um princípio de incêndio, e não um incêndio.

A evolução do incêndio pode ser entendida através da Figura 3 abaixo, que mostra a evolução do incêndio celulósico em uma edificação.

Figura 3 – Curva de evolução do incêndio celulósico.



Fonte: Seito et al. (2008).

Na Figura 3, que mostra o gráfico do incêndio celulósico, podem ser identificadas três diferentes fases (SEITO et al., 2008):

- A primeira fase caracteriza-se pelo início do incêndio, com um crescimento lento, com a duração geralmente entre cinco e vinte minutos, que vai até o momento da ignição.
- A partir daí começa a segunda fase, em que ocorre um crescimento das chamas e um maior aquecimento do local do incêndio. Quando a temperatura atinge cerca de 600 °C, gases e vapores combustíveis, resultantes da combustão dos combustíveis sólidos e líquidos (se for o caso), tomam o ambiente totalmente, determinando a ocorrência da inflamação generalizada (*flashover*), em que há a presença de grandes labaredas.
- Na terceira e última fase, com a extinção do material combustível, acontece uma diminuição gradual da temperatura e das chamas no ambiente.

Em relação ao momento de ação dos sistemas de segurança contra incêndio nas fases acima descritas, afirma-se que, de acordo com Seito et al. (2008), o sistema de detecção deve ser acionado na primeira fase, e após isto deve se realizar o combate ao incêndio. Caso o incêndio seja combatido antes do *flashover*, a possibilidade de extinção do mesmo será grande.

Vários fatores são preponderantes para a ocorrência do início e desenvolvimento de um incêndio, como: dimensões e forma geométrica do local; superfície específica, disposição, quantidade e dos materiais combustíveis no local; características de queima dos materiais envolvidos na combustão; localização do início do incêndio; temperatura e umidade relativa; aberturas de ventilação do local; aberturas entre ambientes, que permitem a propagação do incêndio; projeto arquitetônico da edificação; medidas de prevenção e proteção contra incêndio existentes no local (SEITO et al., 2008).

De acordo com CBPMESP (2011a), existem quatro causas decorrentes de um incêndio que determinam situações perigosas, que são calor, chamas, fumaça e insuficiência de oxigênio. Destas causas, a situação mais perigosa em relação a segurança das pessoas é a causada pela fumaça.

De acordo com Seito et al. (2008), as edificações são os locais com maior incidência de incêndios, e que praticamente todas as tragédias ocasionadas por incêndio começam por motivos consideravelmente pequenos como por exemplo: vazamento de gás de bujões com explosões, curto-circuito em instalações elétricas por excesso de demanda, manuseamento de explosivos e outros produtos perigosos em locais não adequados, esquecimento de ferro de passar roupa ligado, fogões e outros eletrodomésticos, etc.

2.2.2 A Segurança Contra Incêndio (SCI) e as medidas de prevenção e proteção contra incêndio

Segundo CBPMESP (2011b, p. 143), a segurança contra incêndio é o “conjunto de ações e recursos, internos e externos à edificação e áreas de risco, que permitem controlar a situação de incêndio”. De acordo com Seito et al. (2008), a SCI é encarada internacionalmente como uma ciência, ou seja, uma área de pesquisa, desenvolvimento e ensino.

Os objetivos essenciais de um projeto de segurança contra incêndio são: a proteção da vida humana; a proteção do patrimônio; a continuidade do processo produtivo. Além disso, existem três fatores que fundamentam a proteção contra incêndios, são eles: projeto; equipamentos; treinamento. (BRENTANO, 2013)

Segundo Ono (2007), as medidas relacionadas à garantia da segurança contra incêndio podem ser divididas em medidas de prevenção e medidas de proteção. As medidas de prevenção são aquelas em que se busca prevenir o início do incêndio, e desta forma controlar o seu risco. Já as medidas de proteção são designadas a proteger a vida das pessoas e os bens materiais dos efeitos danosos que o incêndio, quando este já estiver ocorrendo, pode causar.

Estas medidas de proteção também podem ser classificadas em duas categorias, que são as medidas de proteção ativa e as medidas de proteção passiva.

De acordo com Souza (1996), as medidas de proteção ativa são exigidas a partir do começo do incêndio, como ventilação do incêndio, contenção da fumaça, detecção e alarme e, equipamentos para extinção do fogo. Já as medidas de proteção passiva são as que não precisam ser ativadas no caso de uma ocorrência, por exemplo, controle de materiais de revestimento e acabamento, meios de fuga, compartimentação de ambientes, proteção das estruturas, etc.

O Quadro 3 a seguir, elaborado por Ono (2008), mostra as principais medidas de proteção, separadas por proteção ativa ou passiva, que são aplicados para cada necessidade de proteção relacionada a uma etapa do incêndio, apontados por Berto (1998) *apud* Ono (2008).

Quadro 3 – Medidas de proteção ativa e passiva.

| Elemento | Medidas de proteção passiva | Medidas de proteção ativa |
|---|---|---|
| Limitação do crescimento do incêndio | <ul style="list-style-type: none"> Controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos Controle das características de reação ao fogo dos materiais e produtos incorporados aos elementos construtivos | <ul style="list-style-type: none"> Provisão de sistema de alarme manual Provisão de sistema de detecção e alarme automáticos |
| Extinção primária do princípio de incêndio | - | <ul style="list-style-type: none"> Provisão de equipamentos portáteis, por extintores de incêndio |
| Limitação da propagação do incêndio | <ul style="list-style-type: none"> Compartimentação vertical Compartimentação horizontal | <ul style="list-style-type: none"> Provisão de sistema de extinção manual, por hidrantes e mangotinho Provisão de sistema de extinção automática de incêndio |
| Evacuação segura do edifício | <ul style="list-style-type: none"> Provisão de rotas de fuga seguras | <ul style="list-style-type: none"> Provisão de sinalização de emergência Provisão de sistema de iluminação de emergência Provisão de sistema de controle de movimentação da fumaça Provisão de sistema de comunicação de emergência |
| Precaução contra a propagação do incêndio entre edifícios | <ul style="list-style-type: none"> Resistência ao fogo da envoltória do edifício, bem como de seus elementos estruturais Distanciamento seguro entre edifícios | - |

Fonte: Ono (2007).

Continua

Quadro 4 – Medidas de proteção ativa e passiva.

Continuação

| Elemento | Medidas de proteção passiva | Medidas de proteção ativa |
|--|---|--|
| Precaução contra o colapso estrutural | <ul style="list-style-type: none"> Resistência ao fogo da envoltória do edifício, bem como de seus elementos estruturais | - |
| Rapidez, eficiência e segurança das operações de combate e resgate | <ul style="list-style-type: none"> Provisão de meios de acesso dos equipamentos de combate a incêndio e sinalização adequada | <ul style="list-style-type: none"> Provisão de sinalização de emergência Provisão de iluminação de emergência Provisão do sistema do controle de movimentação da fumaça |

Fonte: Ono (2007).

Também podem ser mencionadas outras medidas para alcançar os objetivos de uma plena segurança contra incêndio em um edifício como: controle das fontes de ignição e riscos de incêndio; treinamento do pessoal em relação a como combater um princípio de incêndio e coordenação do abandono adequado das pessoas de um edifício em que o incêndio estiver ocorrendo; gestão e manutenção dos sistemas de proteção contra incêndio instalados; controle das avarias ao meio ambiente ocasionados por um incêndio (CBPMESP, 2011a).

2.2.3 Legislação e normatização

Como consta no artigo 24, inciso I da Constituição Federal, compete à União, concorrentemente aos Estados e ao Distrito Federal, legislar sobre direito urbanístico, que engloba a área de prevenção de incêndios. Além disso, é incumbida ao Corpo de Bombeiros a execução das atividades de defesa civil, além das outras atribuições definidas em Lei, de acordo com o art. 144, § 5º (BRASIL, 1988).

No âmbito estadual de Santa Catarina, como consta na Constituição Estadual e na Lei nº 16.157, regulamentada pelo Decreto nº 1957, o CBMSC tem como atribuições o estabelecimento de normas referentes à segurança contra incêndio de pessoas e seus bens, e a análise prévia de projetos de segurança contra incêndio em edificações, além de outras atribuições (SANTA CATARINA, 1989) (SANTA CATARINA, 2013b).

Desta forma, de acordo com o Decreto nº 1957, ao que consta no Art. 8º, inciso II, o CBMSC deve “normatizar e regulamentar os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico, por meio de IN” (SANTA CATARINA, 2013^a, p. 3). IN é a abreviação de Instrução Normativa, que de acordo com o mesmo decreto, é uma norma técnica editada pelo Corpo de Bombeiros, que visa definir as exigências e critérios de dimensionamento dos sistemas e das

medidas de segurança contra incêndio e pânico, assim como o estabelecimento da metodologia administrativa do CBMSC (SANTA CATARINA, 2013a).

A IN 001 (Da Atividade Técnica) tem como objetivo a padronização dos procedimentos e exigências mínimas em relação à segurança contra incêndio e pânico que devem ser aplicadas a todas as edificações novas, recentes ou existentes que estejam sob a fiscalização do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina, através da determinação de Normas para a Segurança Contra Incêndios e Pânico (NSCI). Esta norma é baseada na Lei nº 16.157, de 7/11/2013, publicada em Diário Oficial em 11/11/2013 e pelo Decreto nº 1.957, de 20/12/2013, publicado em Diário Oficial em 31/12/2013, que regulamenta a mesma lei (CBMSC, 2015).

Ainda de acordo com CBMSC (2015), no Estado de Santa Catarina, cabe ao Comando Geral do CBMSC, através de sua Diretoria de Atividades Técnicas (DAT), normatizar e supervisionar o cumprimento do que está definido legalmente em relação aos sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico. Além disso, compete as Organizações de Bombeiro Militar (OBM), que são as estruturas físicas do CBMSC, por meio das Seções de Atividades Técnicas (SAT), as seguintes atividades: supervisão do cumprimento das disposições legais editadas pela DAT; análise e aprovação do PPCI; vistoria e aprovação dos imóveis; supervisão da rede pública de hidrantes; aplicação das medidas aplicadas devido ao descumprimento das NSCI.

Cabe destacar também que as normas são aplicadas a todos os imóveis, com exceção dos que têm ocupação residencial privativa unifamiliar, que são sujeitos apenas a ações educativas e preventivas. Além disso, devem ser observadas as aplicações das NSCI nas seguintes ocasiões: construção do imóvel; mudança de ocupação ou uso; reforma e/ou alteração da área do imóvel; realização de eventos e; regularização dos imóveis (CBMSC, 2015).

Todas as medidas e sistemas de segurança contra incêndio e pânico de um imóvel devem estar expostas no Projeto Preventivo Contra Incêndio e Pânico (PPCI), que é composto por plantas, desenhos, memoriais descritivos, detalhes, especificações e planilhas de dimensionamento dessas medidas e sistemas, dimensionadas e especificadas de acordo com as diretrizes das NSCI. Este projeto deve ser efetuado por um profissional legalmente habilitado e com registro em conselho regional (CBMSC, 2015).

O PPCI deverá ser analisado caso for referente a um dos seguintes casos: imóvel de alta complexibilidade; imóvel de baixa complexibilidade, com área superior a 200m²;

solicitação de vistoria para funcionamento de promoção de evento; alterações diversas de PPCI já aprovados. Os critérios que definem a complexibilidade dependem de algumas características do imóvel, e estão expostos nas NSCI. A análise do PPCI, que é realizada pela SAT, consiste no ato de verificar se os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico estão de acordo com as exigências das NSCI. Quando o PPCI estiver aprovado, o CBMSC concede, além do atestado de aprovação do PPCI, os atestados para que sejam feitas a vistoria para habite-se e a vistoria para funcionamento (CBMSC, 2015).

Estas vistorias consistem no ato de inspecionar um imóvel a fim de verificar se os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico se encontram em condições normais de operação, e se os mesmos foram instalados de forma correta e de acordo com o PPCI ou com o Plano de Regularização de Edificação (PRE). A vistoria para habite-se visa atestar a ocupação do imóvel, já a vistoria para funcionamento habilita o funcionamento do imóvel, ambas no tocante da segurança contra incêndios (CBMSC, 2015).

Os sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico estão expostos no Quadro 4 a seguir, assim como a IN que regulamenta cada sistema (SANTA CATARINA, 2018).

Quadro 4 – INs dos sistemas e medidas de segurança contra incêndio.

| Sistema ou medida | IN |
|--|---|
| Proteção por extintores | IN 006 - Sistema Preventivo Por Extintores |
| Sistema hidráulico preventivo | IN 007 - Sistema Hidráulico Preventivo |
| Saídas de emergência | IN 009 - Sistema De Saída De Emergência |
| Proteção contra descargas atmosféricas | IN 010 - Sistema De Proteção Contra Descargas Atmosféricas |
| Iluminação de emergência | IN 011 - Sistema De Iluminação De Emergência |
| Alarme e detecção de incêndio | IN 012 - Sistema De Alarme E Detecção De Incêndio |
| Sinalização para abandono de local | IN 013 - Sinalização Para Abandono De Local |
| Acesso de viaturas | IN 014 - Sistema de Acesso de Viaturas* |
| Chuveiros automáticos (sprinklers) | IN 015 - Sistema De Chuveiros Automáticos (Sprinklers) |
| Sistema fixo de gases limpos e dióxido de carbono | IN 016 - Sistema Fixo De Gases Limpos E Dióxido De Carbono (Co ²) |
| Sistema de água nebulizada | IN 017 - Sistema De Água Nebulizada (Mulsifyre) |
| Controle de materiais de acabamento e revestimento | IN 018 - Controle De Materiais De Revestimento E Acabamento |

Fonte: Santa Catarina (2018).

Continua

Quadro 5 – INs dos sistemas e medidas de segurança contra incêndio.

Continuação

| Sistema ou medida | IN |
|--|---|
| Resistência ao fogo de elementos estruturais nas edificações | IN 019 - Sistema de Proteção Passiva: Resistência ao Fogo dos Elementos Estruturais |
| Sistema de espuma | IN 023 - Sistema De Espuma* |
| Rede pública de hidrantes | IN 025 - Rede Pública De Hidrantes |
| Brigada de incêndio | IN 028 - Brigada De Incêndio |
| Plano de emergência | IN 031 - Plano De Emergência |

Fonte: Santa Catarina (2018).

Cabe destacar que as INs 14, 19 e 23 não chegaram a ser publicadas completas, apenas com partes em elaboração, e atualmente encontram-se revogadas (SANTA CATARINA, 2018). Porém, pelo que permite a IN 001 (Da Atividade Técnica) através do Art. 32, estes sistemas e medidas que ainda não estão estabelecidos nas normas do CBMSC, além de outros sistemas e soluções que não constarem nas NSCI, podem ser dimensionados e especificados com base em outras normas nacionais, como as NBR, ou até internacionais, caso o sistema ou medida não seja abordado por nenhuma norma nacional, e a norma esteja traduzida para o português (CBMSC, 2015).

Além das INs expostas no Quadro 4, existem outras que devem ser consultadas para algumas aplicações específicas ou caso seja requerido na conferência de outras INs. Segundo Santa Catarina (2018), estas outras normas são: IN 001 (Da Atividade Técnica), IN 002 (Infrações Administrativas), IN 003 (Carga de Incêndio), IN 004 (Terminologia de Segurança Contra Incêndio), IN 005 (Edificações Existentes), IN 008 (Instalação de Gás Combustível), IN 020 (Parque para Armazenamentos de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis), IN 021 (Postos Para Reabastecimento de Combustíveis de Uso Privativo), IN 022 (Instalação para Reabastecimento de Combustíveis – Líquidos Inflamáveis e GNV), IN 024 (Eventos Transitórios e Praças de Desportos), IN 026 (Matas Nativas e Reflorestamento), IN 027 (Prevenção em Espetáculos Pirotécnicos), IN Postos de Revendas de GLP (PRGLP), IN 030 (Armas, Munições, Explosivos e Fogos de Artíficos), IN 032 (Caldeiras e Vasos de Pressão), IN 033 (Parques Aquáticos, Piscinas e Congêneres), IN 034 (Atividades Agropastoris e Silos).

Em relação aos sistemas e medidas, alguns são obrigatórios para todos os imóveis, exceto residência privativa unifamiliar. Já outros dependem dos seguintes fatores: tipo de ocupação; altura ou número de pavimentos; área construída; capacidade de lotação; risco de incêndio (carga de incêndio); riscos especiais (CBMSC, 2015).

2.2.4 Outras considerações do projeto em relação à SCI

Apesar de somente o cumprimento das NSCI ser necessário para a aprovação do projeto e o início da construção no tocante das exigências de segurança contra incêndio, nem sempre estas exigências normativas são suficientes para que se obtenham medidas de segurança totalmente adequadas, já que as instruções normativas apenas estabelecem as exigências mínimas aconselháveis (SOUZA, 1996).

Por vezes, uma exigência acaba provocando uma solução de projeto ruim, o que é mais comum de ocorrer quando o responsável pelo projeto não compreenda os fundamentos que embasam aquele requisito. Esta falta de compreensão dos projetistas pode também limitar a liberdade criativa, já que a falta de expertise no assunto dificulta que o arquiteto proponha soluções alternativas de projeto que resultem em uma edificação com a mesma, ou até maior, segurança, e com as questões estéticas e funcionais satisfatórias. O principal motivo desse desconhecimento dos profissionais da área é à falta de contemplação da SCI nas disciplinas das escolas de engenharia e arquitetura do Brasil, o que acaba formando profissionais que contemplem o requisito de segurança contra incêndio apenas como um atendimento burocrático à regulamentação de um projeto perante os órgãos aprovadores, sem dar a devida importância ao assunto, conforme aborda Ono (2007).

Historicamente, as regulamentações referentes à área de SCI possuem abordagens prescritivas, isto é, com muitas exigências específicas, que engessam o projeto em relação às soluções alternativas. No entanto, em alguns países da Europa, EUA e Canadá uma possível solução a este problema está em evidência, que são as considerações da SCI feitas por normas baseadas em desempenho, que possuem abordagem ampla e seguem o preceito de que os métodos de proteção e prevenção contra incêndio devem ser aplicados como um sistema integrado de segurança, considerando os usos, as exigências do cliente e empreendedor e as necessidades da sociedade (SERPA; SOUZA, 2009). Além disso, as novas tecnologias relacionadas à SCI não são contempladas nos códigos prescritivos tradicionais, com exceção das soluções que empregam parâmetros de desempenho (ONO, 2007).

No Brasil, a norma que regulamenta os parâmetros de desempenho nas edificações é a NBR 15575. Esta norma descreve o termo “desempenho” como o “comportamento em uso de uma edificação e seus sistemas” (ABNT, 2013, p. 4). A norma elenca 13 necessidades do usuário que devem ser consideradas em projeto, e a segurança contra o fogo é uma delas. Segundo Meirelles (2012), a NBR 15575 aborda o funcionamento dos sistemas, inclusive os de SCI, de forma qualitativa e quantitativa (ABNT, 2013).

Segundo (AsBEA, 2017), a norma de desempenho indica critérios, métodos de avaliação e ações, relacionadas à SCI, separadamente para 10 requisitos, que são:

- a) Dificultar o princípio de incêndio;
- b) Combate a incêndio com água;
- c) Segurança estrutural em situação de incêndio;
- d) Dificultar a propagação do incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação;
- e) Dificultar a ocorrência de inflamação generalizada;
- f) Combate a incêndio com extintores;
- g) Facilitar a fuga em situação de incêndio;
- h) Preservar a estabilidade estrutural da edificação, compatível com o local de aplicação;
- i) Dificultar a propagação de incêndio;
- j) Sistema de extinção e sinalização de incêndio.

2.2.5 Aplicabilidade do BIM na verificação da segurança contra incêndio

Atualmente, observa-se um grande potencial na verificação automática de regras para checar se determinados requisitos estão sendo atendidos em um modelo de edificação. Os principais interessados no desenvolvimento desta área são órgãos de cumprimento de código, organizações e clientes envolvidos com projetos de edificações que devem atender requisitos específicos como de segurança, integridade estrutural, consumo de energia, entre outros (EASTMAN et al *apud* KATER; RUSCHEL, 2014). A verificação automática de códigos tem como benefícios a redução de erros, a diminuição do tempo gasto na verificação de projetos e permitir maior facilidade na colaboração entre os departamentos envolvidos no setor de construção civil (JEONG; LEE *apud* KATER; RUSCHEL, 2014).

Os autores Kater e Ruschel (2014) realizaram uma pesquisa para examinar o potencial da utilização da checagem automática de regras aplicada à verificação das exigências aos projetos dos códigos de segurança contra incêndio. Parte da pesquisa foi feita através de questionário aplicado a engenheiros, arquitetos e bombeiros envolvidos com a aplicação de segurança contra incêndio em projetos. Os questionamentos feitos buscavam conhecer: como atualmente são verificados os requisitos das normas de incêndio nos projetos;

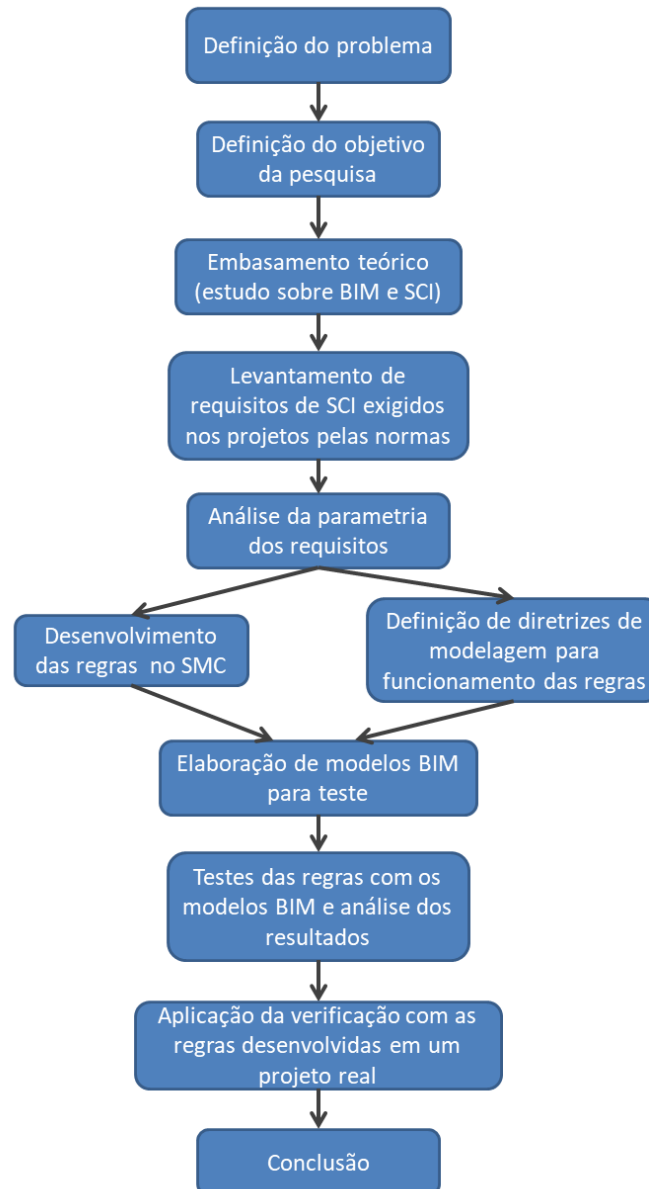
sobre o conhecimento dos profissionais em relação ao BIM e à verificação automática de regras; e se os profissionais utilizariam a verificação automática de regras nos projetos.

Os resultados demonstraram que poucos conheciam o BIM – apenas 10% dos entrevistados –, e nenhum deles sabia a respeito de verificação automática de regras. Além disso, todos os profissionais entrevistados envolvidos com a verificação da norma de incêndio alegaram que realizam esta atividade manualmente, com ou sem o apoio de ferramentas CAD 2D. Porém, a totalidade dos entrevistados demonstrou receptividade ao tema, declarando que fariam uso deste novo recurso. Desta forma, a pesquisa concluiu que a checagem das normas de SCI através de verificação automática de regras tem potencial, porém o despreparo e o desconhecimento podem ser empecilhos para o desenvolvimento da prática.

3 METODOLOGIA

A Figura 4 a seguir apresenta o fluxograma das etapas desta pesquisa.

Figura 4 – Fluxograma de metodologia de pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira etapa foi estudar a situação do setor da construção civil no que tange a elaboração e aprovação de projetos de Segurança Contra Incêndio (SCI). Então, foram identificados os problemas nesta esfera e, assim, foi determinado o objetivo da pesquisa. Após isto, foi realizado um estudo sobre os temas pertinentes sobre *Building Information Modeling* (BIM) e SCI.

Para se alcançar as soluções do problema da pesquisa e alcançar o objetivo da mesma, foi proposta a averiguação do atendimento aos requisitos normativos da Instrução Normativa 006 (IN 006 – Sistema Preventivo por Extintores) através de verificação automática de regras em modelos BIM.

No processo integral de verificação de regras, inicialmente foram levantados quais requisitos normativos pertinentes aos sistemas de extintores de incêndio podem ser checados pelas regras automatizadas. Para isso, foram verificadas quais exigências da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores) que são aplicáveis aos projetos/modelos, desconsiderando itens processuais, de direcionamento aos fabricantes, entre outros.

E também foram verificadas quais exigências da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores) possuem parâmetros objetivos – ou seja, parâmetros de contagem, de medidas, de existência ou não de equipamentos, entre outros –, que são necessários para a criação das regras. Caso a exigência tiver parâmetros subjetivos, isto é, que dependa da opinião de um analista para definir se o requisito está sendo ou não atendido, esta exigência não pode ser verificada através das regras automáticas. Podem-se citar como exemplo de parametrização subjetiva as exigências que usam termos “bom” ou “adequado” para qualificar os requisitos dos sistemas.

A próxima etapa do processo é a de desenvolvimento de regras automáticas para checar cada requisito que teve a verificabilidade confirmada nos passos anteriores. O software utilizado para a criação destas regras foi o Solibri Model Checker (SMC), e o passo a passo deste procedimento está explicado na seção 4, juntamente com os resultados das criações das regras. Neste procedimento, haverá requisitos que não poderão ser atendidos devido ao fato do software permitir que novas regras sejam criadas apenas a partir de modelos de regras pré-definidas. Estes limites de trabalhabilidade serão documentados.

Além disso, durante a criação das regras de checagem, são observadas que os modelos verificados devem ser concebidos respeitando algumas diretrizes de modelagem, necessárias para o correto funcionamento das verificações. Algumas diretrizes de modelagem se constituem como a necessidade de classificação dos elementos do modelo de acordo com a NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção).

Deve-se destacar também que como nem todas as partes da norma foram publicadas até a data da defesa desta pesquisa, as tabelas em elaboração pertencentes a essas partes foram cedidas pela comissão responsável por elaborar a norma, a ABNT/CEE-134, para a realização desta pesquisa. Desta forma, estas tabelas não estão finalizadas, e possuem alguns códigos e nomenclaturas que podem ser revisadas e alteradas. Desta forma, após a finalização e

publicação destas partes poderão existir algumas informações utilizadas nesta pesquisa incoerentes com as informações dadas na norma. O status de publicação das partes da norma até a data da defesa desta pesquisa está exposto na Figura 1, na subseção 2.1.5.2.

Após isso, as regras são testadas individualmente em modelos BIM criados especialmente para estes testes, e respeitam as diretrizes de modelagem. Os modelos foram concebidos através do software de modelagem ArchiCAD e exportados em formato IFC (*Industry Foundation Classes*), que é o formato aceito pelo SMC. Além disso, nos modelos, foram induzidas propositalmente algumas inconformidades – ou seja, características do projeto que estariam em discordância com as exigências normativas – para testar se as regras as identificam corretamente.

Por fim, as regras desenvolvidas foram testadas em um projeto real em BIM.

4 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção será apresentada a execução dos passos da verificação, começando por uma verificação de quais requisitos normativos da Instrução Normativa 006 (IN 006 – Sistema Preventivo por Extintores) – que trata dos critérios que devem ser considerados na instalação de extintores de incêndio – devem ser considerados na elaboração do projeto. Após isto serão apresentados os artigos da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores), e as exigências deles, assim como a elaboração das regras para verificar estas exigências e os resultados obtidos da verificação das regras. Então, foi feito um resumo dos requisitos da norma, assim como as suas situações em relação à parametrização, a verificabilidade dos requisitos e quais regras foram utilizadas. Ainda são apresentadas algumas considerações importantes relacionadas a particularidades das verificações automáticas de regras.

4.1 REQUISITOS NORMATIVOS APLICÁVEIS AO PROJETO

O Quadro 5 a seguir exhibe os artigos da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores), assim como se os mesmos devem ser considerados no projeto, logo, se os artigos serão considerados ou não na verificação automática de regras.

Quadro 5 – Artigos da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores)

| Capítulo | | Seção | | Artigo | | Aplicável ao projeto? |
|----------|--------------------------------|-------|--|--------|---|-----------------------|
| Nº | Título | Nº | Título | Nº | Resumo | |
| 1 | Disposições iniciais | 1 | Objetivo | 1 | Objetivo da IN. | Não |
| | | 2 | Aplicação | 2 | Aplicação da IN. | Não |
| | | 3 | Referências | 3 | Referências utilizadas para elaborar a IN. | Não |
| | | 4 | Terminologias e Siglas | 4 | Terminologias e siglas adotadas na IN. | Não |
| 2 | Normas para projeto e execução | 1 | Dimensionamento dos extintores portáteis | 5 | Cor dos extintores. | Sim |
| | | | | 6 | Seleção de agente extintor depende da classe de incêndio. Situações que deve ser instalado extintor para classe de incêndio tipo C. | Sim |
| | | | | 7 | Tipo de extintor e distância máxima a ser percorrida até um extintor. | Sim |
| | | | | 8 | Quantidade mínima de extintores em cada pavimento. | Sim |
| | | | | 9 | Necessidade de extintor de pó tipo B:C em postos de reabastecimentos. | Sim |
| | | 2 | Dimensionamento dos extintores sobre rodas | 10 | Casos em que é obrigatório a proteção por extintores sobre rodas. | Sim |
| | | | | 11 | Distância máxima a ser percorrida para alcançar o extintor sobre rodas. | Sim |
| | | | | 12 | Instalação de extintores sobre rodas não altera a quantidade e localização de extintores portáteis. | Não |
| | | | | 13 | Extintores sobre rodas devem acessar todas as partes da área a ser protegida, sem obstruções ao acesso, e protegendo apenas o pavimento em que tiver instalado. | Sim |
| | | | | 14 | Capacidade extintora mínima de uma unidade extintora sobre rodas, para cada agente extintor. | Não |
| | | 3 | Localização dos extintores | 15 | Instruções de localização dos extintores. | Sim |
| | | | | 16 | Proibição de depósito de materiais abaixo ou acima dos extintores. Locais em que há proibição de instalação de extintores. | Sim |
| | | 4 | Instalação dos extintores portáteis | 17 | Altura acima do piso que os extintores portáteis devem ser instalados. Quando locados sobre o piso, extintores portáteis devem estar em suporte adequado. | Sim |
| | | 5 | Sinalização dos extintores | 18 | Sinalização do extintor para quando estiver instalado em parede ou em suporte sobre o piso. | Sim |
| | | | | 19 | Sinalização do extintor para quando estiver instalado em coluna. | Sim |
| | | | | 20 | Sinalização de piso do extintor, e em quais situações este tipo de sinalização é exigido. | Sim |
| | | 6 | Das vistorias | 20-A | Motivos para indeferimento verificados em vistorias. | Não |
| 3 | Disposições finais | - | - | 21 | Vigência da IN | Não |

Fonte: CBMSC (2018b)

Desta forma, os Artigos 1º, 2º, 3º e 4º, 12, 14, 20-A e 21 não se aplicam às verificações por meio de regras automáticas.

4.2 VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA POR REGRAS DOS REQUISITOS NORMATIVOS

Esta subseção apresentará as etapas de desenvolvimento de regras de verificação dos requisitos da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores). Primeiramente são apresentadas as classificações dos componentes do modelo feitas no Solibri Model Checker (SMC), que são necessárias para a aplicação das regras. Então, são apresentadas as outras etapas, agrupadas por artigos, contendo a exposição do artigo e seus requisitos, as configurações das regras para verificação automática, o modelo de teste, as diretrizes de modelagem necessárias e os resultados da verificação.

Cabe destacar também que este procedimento foi realizado apenas para os artigos analisados como aplicáveis ao projeto/modelo, que são aqueles que possuem o valor “Sim” na coluna “Aplicável ao projeto?” no Quadro 5, apresentado na subseção 4.1.

Outro comentário importante sobre as regras automáticas é que elas foram desenvolvidas como se as mesmas fossem ser usadas pelos órgãos responsáveis pela análise dos projetos. Portanto, nesta ótica, as regras são consolidadas e criadas de uma forma, e os projetos devem ser modelados seguindo diretrizes necessárias para que as verificações por regras funcionem da maneira correta. Ou seja, neste caso os modelos devem se adaptar às regras. Caso o trabalho fosse feito pela perspectiva dos projetistas que desejassem verificar se os seus projetos estão de acordo com as normas, as regras deveriam se adaptar para cada modelo já criado.

4.2.1 Classificações

A funcionalidade de classificação do SMC, denominadas no software como “*classification*”, permite agrupar elementos dos modelos em categorias, através de parâmetros customizáveis, chamados no Solibri de “*Classification Rules*”, que tem sentido de “Regras de Classificação”.

Nesta pesquisa, foi necessária a utilização de algumas classificações para o funcionamento de várias regras aplicadas. Estas classificações estão descritas nesta subseção, assim como as suas regras de classificação.

Cabe destacar que as classificações podem ser exportadas como arquivos “.classification”, que podem ser utilizados em outros modelos abertos no SMC. Porém, elas não podem ser exportadas para outros softwares, sendo uma função interna ao Solibri.

4.2.1.1 Extintores

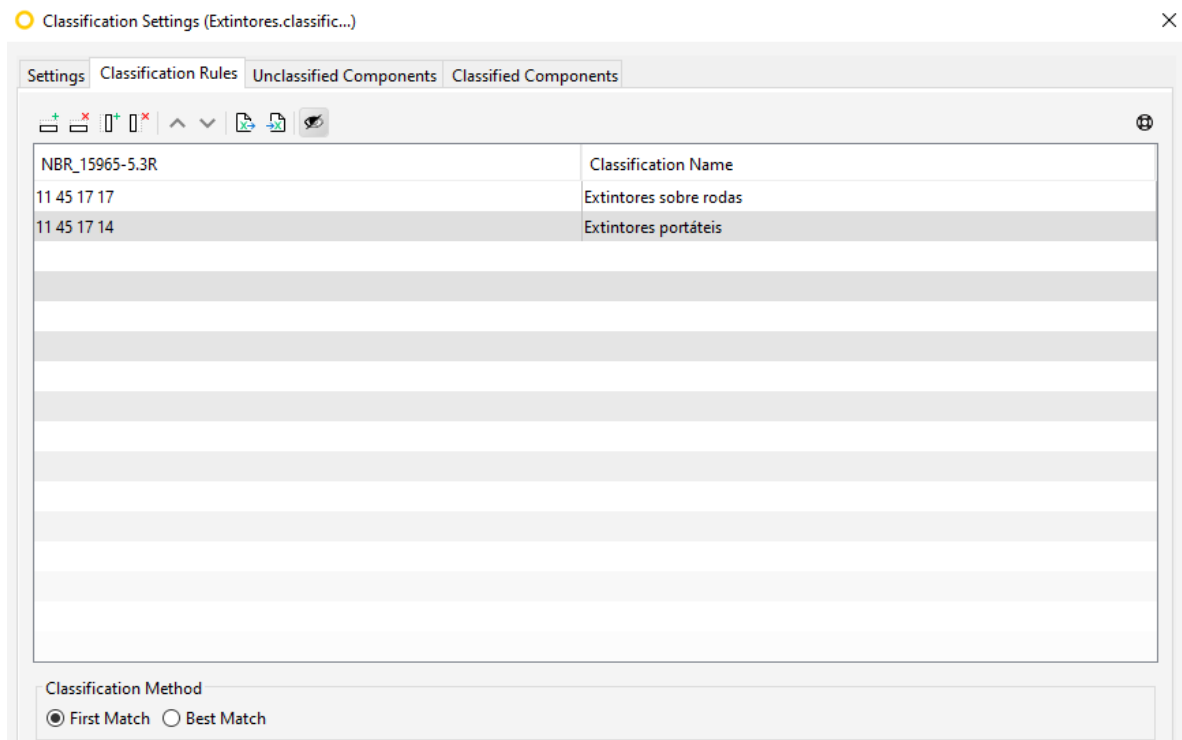
Esta classificação identifica os extintores do modelo e os classifica em “Extintores Portáteis” ou “Extintores Sobre Rodas”.

Para isso, é utilizado o sistema de classificação das informações da construção, apresentado pela NBR 15965, para definir as regras de classificação no Solibri. Neste sistema, os extintores de incêndio podem ser encontrados na tabela 3R (Resultados da Construção)¹, e o código para o componente “Extintor de Incêndio” é “11 45 17”. A partir deste componente, existem outros componentes representados hierarquicamente inferiores a ele, que são o “Extintor de Incêndio Portáteis”, que tem o código é “11 45 17 14”, e o “Extintor de Incêndio com Carrinho”, com o código “11 45 17 17”. Estes códigos são as propriedades utilizadas para definir

Os códigos de classificação dos extintores (de acordo com a NBR 15965) são as propriedades utilizadas para classificá-los no SMC. A Figura 5 a seguir mostra as regras desta classificação, exibindo os códigos utilizados para cada classe.

¹ A parte 5 da norma, que é a qual a tabela 3R está inserida, ainda não foi publicada. Então, para o desenvolvimento desta parte da pesquisa, a comissão responsável pela elaboração da norma concedeu acesso à planilha em que está sendo elaborada a tabela 3R.

Figura 5 – Regras da classificação “Extintores”.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Na Figura 5, pode-se observar na primeira linha da tabela de regras de classificação que quando o valor da propriedade “NBR_15965-5.3R” for “11 45 17 17” o elemento do modelo é classificado como “Extintores sobre rodas”. Enquanto que na segunda linha, quando o valor da mesma propriedade for “11 45 17 14”, o componente será da classe “Extintores portáteis”.

A propriedade “NBR_15965-5.3R” na verdade representa a propriedade “3R”, que pertence ao *property set*, que quer dizer “conjunto de propriedades”, “NBR_15965-5”. *Property sets* são os conjuntos de propriedades atribuídos aos IFCs dos modelos. Desta forma, para esta classificação ter funcionamento correto, é necessário que no processo de modelagem do projeto sejam atribuídos estes códigos de classificação (propostos pela NBR 15965) aos extintores de incêndio, através destes conjuntos de propriedades.

Nesta pesquisa, foram incluídos estes *property sets* através do software utilizado para criar os modelos, que é o ArchiCAD. A Figura 6 mostra a elaboração desta propriedade.

Figura 6 – Elaboração da propriedade “2C” e preenchimento desta propriedade.

Criar Nova Propriedade IFC / Classificação

Criar Nova

☒ Propriedade IFC personalizada

Nome de Conjunto Propriedade: NBR_15965-5

Nome da Propriedade: 3R

Tipo de Propriedade: Valor Único

Tipo de Valor: IfcLabel

☐ Referência de Classificação

Nome de Referência:

Cancelar OK

Fonte: Elaborado pelo autor através do software ArchiCAD.

E então, no valor da propriedade de cada extintor – disponível no “Gerenciador de Propriedades IFC” do software ArchiCAD – foi preenchido o seu código correspondente. A Figura 7 a seguir mostra o preenchimento do código no ArchiCAD.

Figura 7 – Preenchimento da propriedade “2C” do *property set* “NBR_15965-4”.

Gerenciar Propriedades IFC

Selecionados: 1 Editável: 1

| Nome | Valor | Tipo |
|--|-------------------|---------------------------|
| ID IFC ARCHICAD | 24k7FzrE1CiRvO... | |
| Atributos | | |
| GlobalId | 24k7FzrE1CiRvO... | IfcGloballyUniqueId |
| <input checked="" type="checkbox"/> Name | Extintor | IfcLabel |
| <input type="checkbox"/> Description | | IfcText |
| <input type="checkbox"/> ObjectType | | IfcLabel |
| <input checked="" type="checkbox"/> Tag | 84B873FD-D4E0-... | IfcIdentifier |
| <input type="checkbox"/> CompositionType | | IfcElementCompositionType |
| AC_Pset_RenovationAndPhasing | | |
| NBR_15965-5 | | |
| 3R | 11 45 17 14 | IfcLabel |
| Pset_BuildingElementProxyCommon | | |
| Pset_ConcreteElementGeneral | | |
| Pset_ConcreteElementQuantityGene | | |
| Pset_Draughting | | |

Fonte: Elaborado pelo autor através do software ArchiCAD.

Além disso, os objetos que representam os extintores de incêndio nos modelos usados na pesquisa foram extraídos da biblioteca do ArchiCAD.

Esta é uma das diretrizes de modelagem do desenvolvimento das regras, que é abordado também nas subseções de desenvolvimento das regras.

4.2.1.2 Risco de incêndio

A definição do risco de incêndio de um imóvel é essencial à aplicação de vários requisitos normativos verificados nesta pesquisa. A IN 003 (Carga de Incêndio) é responsável por determinar os critérios utilizados para classificar os imóveis quanto ao risco de incêndio. Esta classificação deve ser feita conforme a ocupação do imóvel, ou através do cálculo da carga de incêndio, para casos em que houver dúvida relacionada à classificação do risco de incêndio devido à atividade ou às características do imóvel (CBMSC, 2014).

Como para algumas exigências normativas dos sistemas de extintores de incêndio é necessário ter a definição do risco de incêndio que a edificação terá, foi criado uma classificação com o SMC para a determinação deste parâmetro. Porém, foi possível apenas determinar o risco de incêndio baseando-se pelas ocupações, pois o software de checagem utilizado não possui a funcionalidade de se utilizar fórmulas matemáticas no desenvolvimento das regras de verificação, impedindo a determinação do risco pelo cálculo da carga de incêndio.

Desta forma, foi criada a classificação “Risco de incêndio” usando as ocupações descritas na IN 003 (Carga de Incêndio) como regras de classificação, atrelando o risco de incêndio a cada ocupação. Estas regras de classificação estão expostas na Figura 8 a seguir.

Figura 8 – Regras da classificação “Risco de incêndio”.

Classification Settings (Risco de incêndio.cl...)

Settings Classification Rules Unclassified Components Classified Components

| Pset_BuildingCommon.OccupancyType | Classification Name |
|--|---------------------|
| Residência privativa multifamiliar | Risco Leve |
| Residencial coletiva | Risco Leve |
| Comercial (exceto supermercados ou galerias comerciais) | Risco Leve |
| Pública | Risco Leve |
| Escolar geral | Risco Leve |
| Escolar diferenciada | Risco Leve |
| Reunião de Público com concentração | Risco Leve |
| Reunião de Público sem concentração | Risco Leve |
| Hospitalar sem internação e sem restrição de mobilidade | Risco Leve |
| Parques aquáticos | Risco Leve |
| Atividades agropastoris (exceto silos) | Risco Leve |
| Riscos diferenciados | Risco Leve |
| Mista (com compartimentação entre as diferentes ocupações e com saídas de emergência independentes) | Risco Leve |
| Residencial transitória | Risco Médio |
| Garagens | Risco Médio |
| Mista (sem compartimentação entre as diferentes ocupações ou com sobreposição de fluxo nas saídas de emergência) | Risco Médio |
| Industrial | Risco Médio |
| Supermercados | Risco Médio |
| Galeria comercial | Risco Médio |
| Shopping center | Risco Médio |
| Hospitalar com internação ou com restrição de mobilidade | Risco Médio |
| Postos de revenda de GLP | Risco Médio |
| Locais com restrição de liberdade | Risco Médio |
| Depósitos | Risco Médio |
| Silos | Risco Médio |
| Túneis, galerias e minas | Risco Médio |
| Oficinas de consertos de veículos automotores | Risco Médio |
| Caldeiras | Risco Médio |
| Vasos sob pressão | Risco Médio |
| Postos para reabastecimento de combustíveis | Risco Elevado |
| Depósito de combustíveis, inflamáveis, explosivos ou munições | Risco Elevado |

Classification Method
☒ First Match ☐ Best Match

Save Save As... OK Cancel

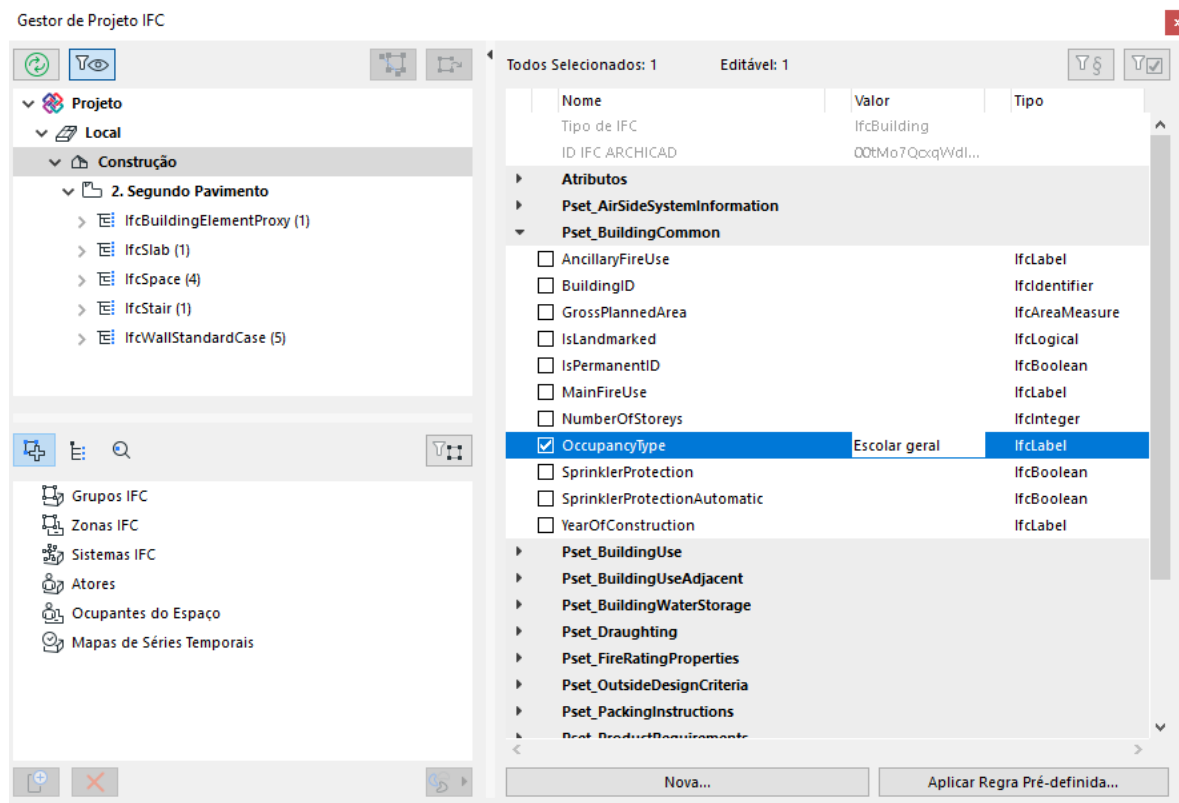
Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

A opção marcada no campo “*Classification Method*”, ou “Método de Classificação”, não tem relevância para esta classificação.

O tipo de ocupação é inserido na modelagem através de uma propriedade nativa do IFC, chamada “*Occupancy Type*”, que quer dizer “Tipo de Ocupação”, que faz parte do *property set* “*Pset_BuildingCommon*”. A

Figura 9 a seguir mostra o procedimento de atribuição desta propriedade ao se modelar no ArchiCAD.

Figura 9 – Preenchimento da propriedade *Occupancy Type*.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software ArchiCAD.

Cabe destacar que havia a intenção de utilizar as classificações propostas pela NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção). em relação à definição da ocupação. Seria utilizada a tabela 4U, que classifica as unidades da construção pela função, ou seja, são atribuídos códigos e nomenclaturas padronizadas para vários tipos de edificação quanto sua ocupação. Porém estas ocupações classificadas possuem um alto grau de especificidade, havendo muitas ocupações possíveis, enquanto que a IN considera as ocupações de uma forma muito mais sucinta, definindo muito menos ocupações que o sistema de classificação da NBR 15965.

Desta forma, para considerar este sistema de classificação na aplicação do risco de incêndio nesta pesquisa, seria necessário definir a qual ocupação descrita pela IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores) corresponde cada ocupação descrita pela NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção). Porém, esta atividade seria muito onerosa, já que existem cerca de 600 classificações de ocupação de edifício descritas na NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção).

Também se entende que seria vantajoso que houvesse uma adaptação da IN 003 (Carga de incêndio), para que se considerassem as ocupações de acordo com o sistema de classificação da NBR 15965.

4.2.1.3 Extintores que se constituem como uma unidade extintora

A capacidade extintora é uma importante característica dada ao extintor de incêndio, já que define o seu poder de extinção (SEITO et al, 2008).

Nas regulamentações de incêndio, é utilizado o conceito de unidade extintora, que corresponde a um extintor que atende a respectiva capacidade extintora mínima, e é utilizado para fins de dimensionamento da quantidade de extintores em uma edificação. Estas capacidades extintoras mínimas são diferentes para cada tipo de agente extintor, e para extintores portáteis estão definidas no Artigo 7º da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores), e para extintores sobre rodas estão definidas no Artigo 14º da mesma IN. O Quadro 6 expõe as capacidades extintoras mínimas para constituir uma unidade extintora para extintores portáteis.

Quadro 6 – Capacidade extintora mínima para um extintor portátil constituir uma unidade extintora.

| Agente extintor | Capacidade extintora mínima para constituir uma unidade extintor |
|-----------------|--|
| Água | 2-A |
| Espuma | 2-A:10-B |
| CO2 | 5-B:C |
| Pó BC | 20-B:C |
| Pó ABC | 2-A:20-B:C |

Fonte: CBMSC (2018b).

Cada capacidade extintora está atrelada à classe de incêndio que o extintor pode apagar. Desta forma, só são especificadas as capacidades para as classes de incêndio que o agente extintor é adequado para apagar. Por exemplo, extintores com o agente CO2 podem ser usados para apagar fogos das classes B e C, sendo que são necessárias cinco capacidades extintoras para fogo do tipo B e uma capacidade extintora para fogo do tipo C para que os extintores com este agente sejam considerados como uma unidade extintora. No caso de extintores portáteis com o agente extintor água, são necessárias duas capacidades extintoras para fogo classe A, já que este agente não pode ser utilizado para apagar fogos de outras classes.

Como para o dimensionamento das quantidades de extintores devem ser consideradas apenas as unidades extintoras, ou seja, os extintores que tiverem capacidade maior ou igual às capacidades mínimas descritas no Quadro 6, foi necessário elaborar uma classificação no SMC para que se considerassem apenas estes extintores nas regras de verificação de quantidade de extintores.

Nas regras de classificação são consideradas todas as capacidades extintoras possíveis que um extintor pode ter. Porém, não foi encontrada uma relação com todas as combinações de capacidades dos extintores disponíveis no mercado, levando em conta as combinações de capacidades de classes de incêndio diferentes. Apenas foram obtidas as capacidades separadas por classe, conforme citado pelos autores Seito et al (2008, p. 226):

- Classe A - capacidade extintora 1-A, 2-A, 3-A, 4-A, 6-A, 10-A, 20-A, 30-A e 40-A.
- Classe B - capacidade extintora 1-B, 2-B, 5-B, 10-B, 20-B, 30-B, 40-B, 60-B e 80-B, 120-B, 160-B, 240-B, 320-B, 480-B e 640-B. Os extintores portáteis podem chegar a 120-B e os sobre-rodas podem chegar a 240-B.
- Classes C e D - não têm classificação, o ensaio é do tipo passa ou não passa, ou seja, ou cumprem o requisito normativo de ensaio na sua totalidade ou não são classificados para o risco.

Então, com estes dados, foi possível combinar todas as capacidades possíveis que fossem maiores ou iguais àquelas expostas no Quadro 6, e usadas estas combinações como regras de classificação.

Cabe citar também que, como são muitas combinações possíveis, foi utilizada uma funcionalidade do SMC que permite importar uma planilha Excel, e utilizar os dados desta planilha como regras de classificação. No caso, esta planilha foi elaborada de forma que os valores de suas colunas e linhas fossem iguais às da regra de classificação, exposta na Figura 10.

Para os extintores portáteis, foram 168 combinações de capacidades extintoras maiores ou iguais às capacidades extintoras mínimas. As regras de classificação para extintores portáteis estão exibidas na Figura 10 seguinte. Não foi possível mostrar todas as combinações, já que são muitas.

Figura 10 – Regras da classificação “Extintores com pelo menos uma unidade extintora”, mostrando extintores portáteis.

Classification Settings (Extintores com pelo ...)

Settings Classification Rules Unclassified Components Classified Components

| Características dos extintores.Capacidade extintora | Características dos extintores.Agente extintor | Classification Name |
|---|--|---|
| 2-A | Água | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 3-A | Água | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 4-A | Água | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 6-A | Água | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 10-A | Água | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 20-A | Água | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 30-A | Água | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 40-A | Água | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 2-A:10-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 3-A:10-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 4-A:10-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 6-A:10-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 10-A:10-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 20-A:10-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 30-A:10-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 40-A:10-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 2-A:20-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 3-A:20-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 4-A:20-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 6-A:20-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 10-A:20-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 20-A:20-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |
| 20-A:20-B | Espuma | Extintores portáteis com pelo menos uma unidade extintora |

Classification Method
☒ First Match ☐ Best Match

Save Save As... OK Cancel

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

A opção marcada no campo “*Classification Method*”, ou “Método de Classificação”, não tem relevância para esta classificação.

Vale ressaltar também que o sistema de classificação da NBR 15965 não inclui os tipos de agente extintor, classes de incêndio e capacidade extintoras.

4.2.2 Artigo 5º – Cor dos extintores

De acordo com a IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores) (CBMSC, 2018b, p. 3):

Art. 5º Os extintores portáteis e os extintores sobre rodas devem ser na cor vermelha.

Considerou-se que este artigo tem apenas um requisito, que está parametrizado objetivamente. Portanto, está apto a ser verificado por regras automáticas.

4.2.2.1 Desenvolvimento da regra de verificação

A regra utilizada para verificar o atendimento aos requisitos deste artigo foi elaborada através da regra pré-definida SOL 230 do Solibri. Este modelo de regra permite verificar se determinados componentes atendem a alguns requisitos.

A Figura 11 a seguir mostra os parâmetros e as informações da regra criada.

Figura 11 – Parâmetros e informações da regra de checagem do Artigo 5º.

The screenshot displays the 'PARAMETERS' window in the Solibri SMC software. It is divided into three main sections: 'Components to Check', 'Requirements', and 'INFO'.

Components to Check: This section contains a table with the following data:

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|------------|----------|--|
| Include | Any | Extintores | One Of | [Extintores portáteis, Extintores sobre rodas] |

Requirements: This section contains a table with the following data:

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|-------------------------|----------|------------|
| Include | Any | NBR 15965-2.0P 40 20 22 | One Of | [Vermelha] |

INFO: This section provides details about the rule:

- Name:** Art.5 - Cores dos extintores
- Description:** This rule checks only components that pass the filters in the "Components to Check" table. The "Requirements" table lists the requirements for the components. Both of these tables can contain at least one filter.
- Author:** Solibri, Inc.
- Version:** 1.1
- Date:** 2013-02-22
- Support Tag:** SOL/230/1.1

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Os componentes que se deseja verificar, que no caso são os extintores de incêndio do modelo, são especificados através dos filtros da tabela “*Components to check*”, que significa “Componentes a Checar”. Nesta tabela, são colocados os critérios que os componentes do modelo devem atender para que sejam analisados na execução desta regra. O conjunto destes

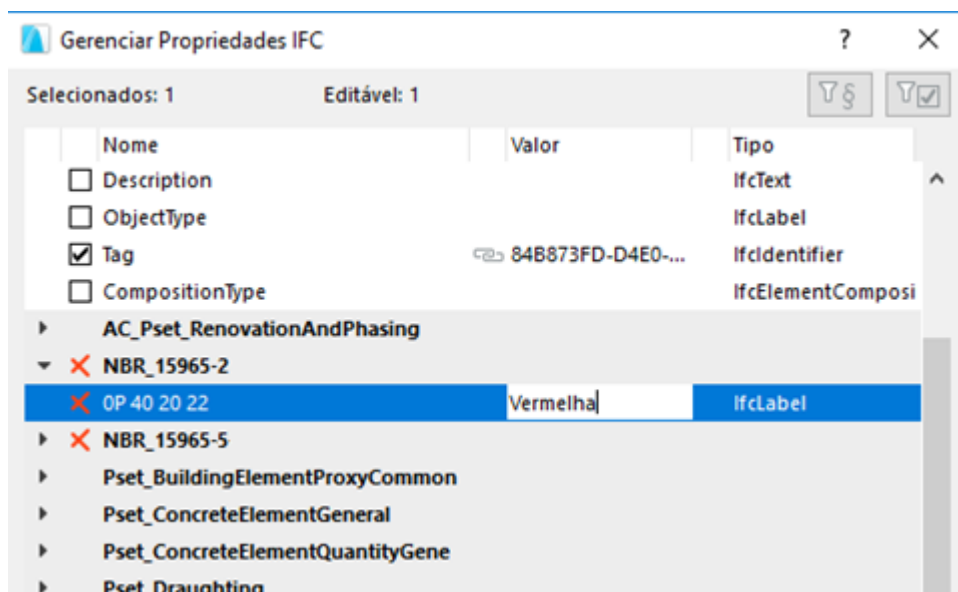
critérios são chamados de “*Filter*”, que significa “filtro”, e são utilizados para a definição de componentes em diversas outras regras e funcionalidades do SMC.

Para esta aplicação, como consta na Figura 11, a busca destes componentes a serem checados inclui componentes de qualquer tipo e que o valor da propriedade “Extintores” (que é uma classificação explicada na subseção 4.2.1.1) seja um destes: “Extintores portáteis” ou “Extintores sobre rodas”.

Os requisitos que devem ser checados nestes componentes são determinados na tabela “*Requirements*”, que significa “Requisitos”. De forma parecida aos filtros da tabela “Componentes a checar”, a tabela de “Requisitos” permite a inclusão dos requisitos a serem checados através características ou propriedades.

Neste caso, o requisito checado é se o valor da propriedade “NBR 15965-2.OP 40 20 22” dos componentes é “Vermelha”. Este critério avaliado corresponde à propriedade “OP 40 20 22”, da *property set* “NBR_15965-2”, e tem como base o código do item “Cor” da tabela OP do sistema de classificação proposto pela parte 2 da NBR 15965, tabela esta que classifica as propriedades dos objetos. Atualmente, esta atribuição da cor é feita manualmente através do software de modelagem ArchiCAD, com o preenchimento da cor do componente como valor da propriedade, como é mostrado na Figura 12 a seguir.

Figura 12 – Preenchimento da propriedade que indica a cor no software ArchiCAD.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software ArchiCAD.

As diretrizes de modelagem necessárias para o funcionamento da regra são:

- a) Preenchimento da propriedade que indica a cor dos extintores, como mostrado anteriormente nesta subseção;

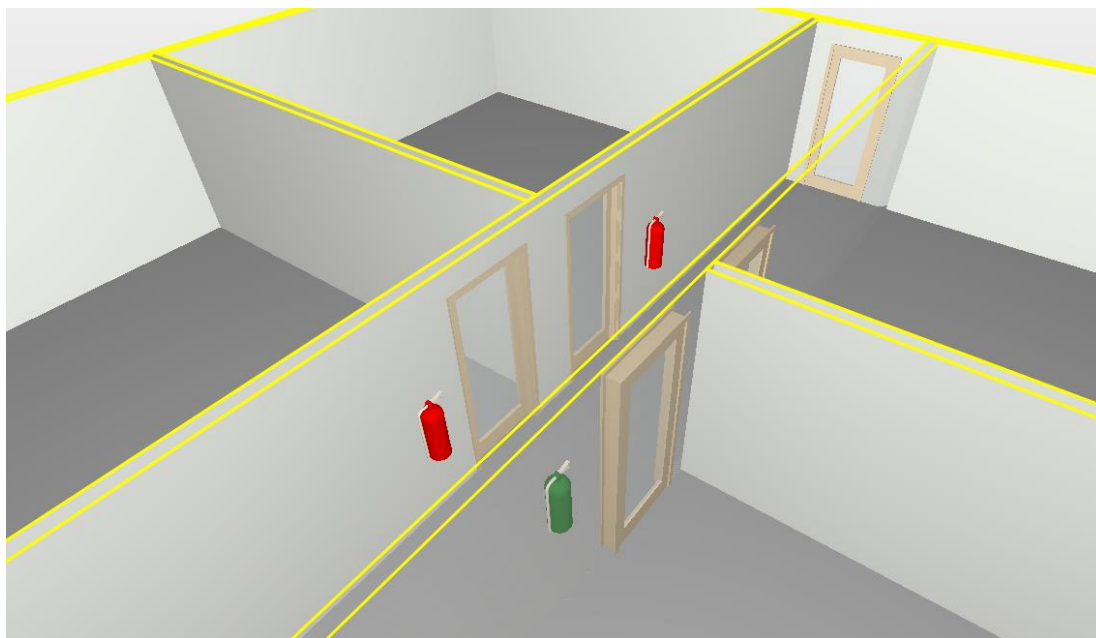
- b) Atribuir o tipo de extintor de incêndio (portátil ou sobre rodas) de acordo com os códigos normatizados, através da propriedade “2C” do *property set* “NBR_15965-4”, para que os extintores sejam incluídos na classificação “Extintores”, explicada na subseção 4.2.1.1.

4.2.2.2 Resultados da verificação da regra

Para testar a verificação da regra que checa o Artigo 5º, foi criado um modelo de uma edificação. Este modelo, que foi concebido utilizando o ArchiCAD, representa uma edificação simples, com quatro salas e um corredor, e três extintores localizados neste corredor, sendo dois deles com a cor vermelha e um verde. Foram induzidas duas inconformidades no modelo: uma é o extintor na cor verde, e a outra é a não atribuição da propriedade que representa a cor (conforme descrito na seção 4.2.2.1) a um dos extintores vermelhos.

A Figura 13 a seguir, que foi elaborada a partir do modo de visualização de modelos do software SMC, permite a visualização deste modelo.

Figura 13 – Modelo de edificação para teste da verificação da regra que checa o Artigo 5º.

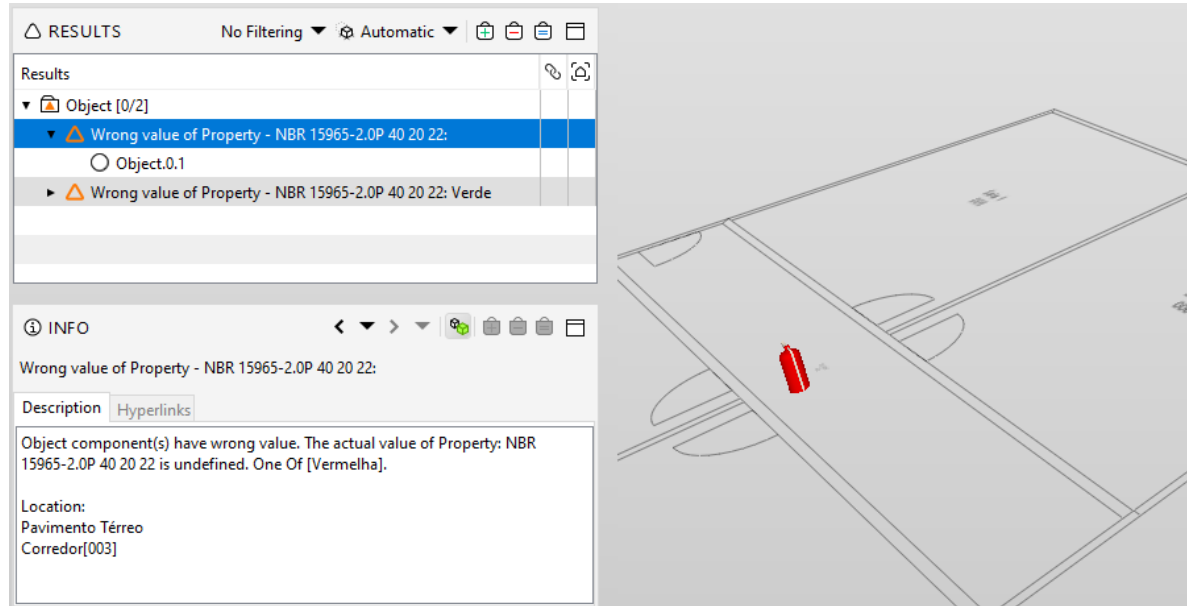


Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Para melhor visualização dos extintores, foi feito um seccionamento para que se pudesse enxergar o interior do edifício, e foi transparecida uma das paredes do corredor, permitindo a visualização do extintor fixado nela.

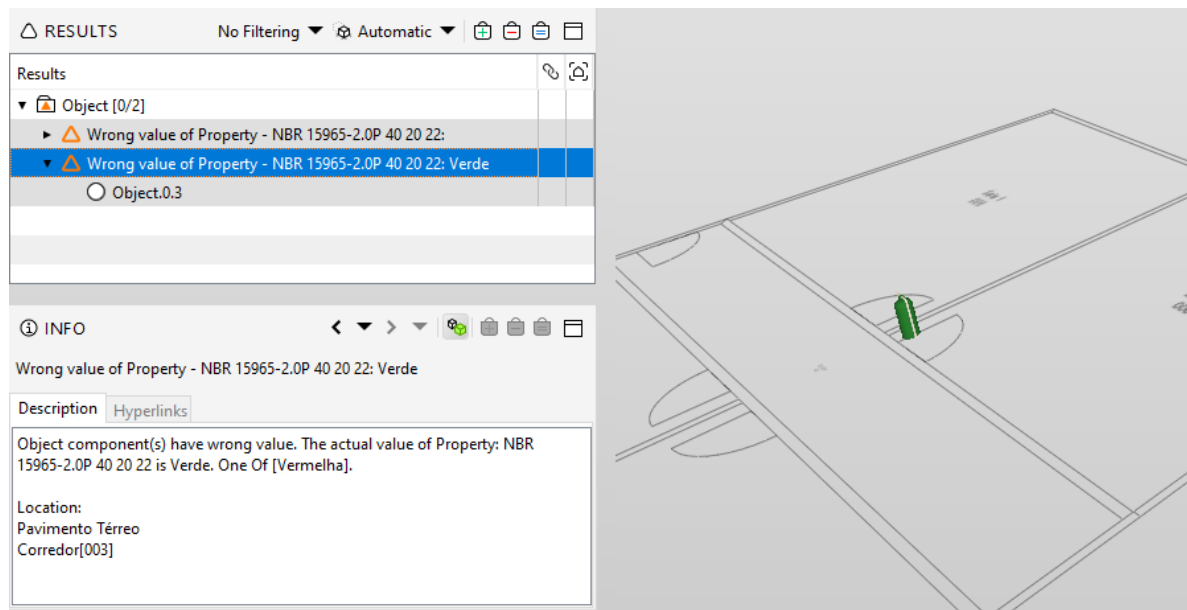
Após a execução da regra, foi observado que o software encontrou as inconformidades corretamente, como é mostrado nas Figura 14 e Figura 15 a seguir.

Figura 14 – Ocorrência de inconformidade devido à não atribuição da propriedade de cor ao extintor.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Figura 15 – Ocorrência de inconformidade devido à cor verde do extintor.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Pode se observar nas Figura 14 e Figura 15 que o software identifica os objetos que foram checados pelas regra, como indicado na janela “*Results*”, que significa “Resultados”. Além disso, é mostrado na parte de visualização de modelo qual é o objeto de cada ocorrência.

Além do mais, também é apontado pelo software qual o motivo de cada ocorrência, na janela “Info”, que tem o significado de “Informação”. No caso da inconformidade devido à não atribuição da propriedade de cor ao extintor, exposta na Figura 14, é apontado pelo software: “*Object component(s) have wrong value. The actual value of Property: NBR 15965-2.0P 40 20 22 is undefined*”. Que quer dizer que o componente, que é do tipo objeto, tem valor errado, e que o valor da propriedade “NBR 15965-2.0P 40 20 22” está indefinido. Na outra ocorrência, mostrada na Figura 15, o apontamento é parecido, apenas diferenciando-se que o valor da propriedade é “Verde”.

4.2.3 Artigo 6º – Seleção do agente extintor

De acordo com a IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores) (CBMSC, 2018b, p. 4):

Art. 6º A seleção do agente extintor é de competência do responsável técnico, de acordo com a classe de incêndio a ser protegida.

Parágrafo único. Deve-se instalar extintores para classe de incêndio tipo C (materiais energizados em combustão) próximos a: casa de bombas; casa de força elétrica; casa de máquinas; transformadores; e riscos similares.

Foi considerado que o requisito deste artigo, que determina que o agente extintor deve ser selecionado de acordo com a classe de incêndio a ser protegida, não pôde ser verificado através de regras automatizadas. Isto se deve pelo fato de o mesmo estar muito impreciso, já que não são estabelecidos os critérios que devem ser considerados para determinar todas as classes de incêndio a se proteger na edificação, como por exemplo, materiais armazenados na edificação, ocupação dos imóveis, materiais de revestimento e acabamento, etc. O parágrafo único indica estes critérios apenas para a classe de incêndio tipo C.

O motivo que impossibilita a utilização de uma regra para verificar o atendimento ao que está exposto no parágrafo único é a utilização do termo “próximo” para indicar o local de instalação dos extintores em relação aos locais descritos. Isto se caracteriza como um parâmetro subjetivo, que impede a verificação através de regra automatizada. É necessário definir uma distância máxima de posicionamento do extintor em relação aos locais mencionados no artigo.

O que seria possível verificar através das regras, é se a edificação contém casa de bombas, casa de força elétrica, casa de máquinas ou transformadores, e caso tivesse, seria verificado se a edificação contém um extintor com agente adequado para combate ao incêndio

tipo C. Porém, neste caso não seria conferido se o extintor estaria próximo dos locais citados, portanto, não seria checado se a norma esta sendo atendida quanto a esta exigência. Por este motivo, não foi desenvolvido nenhuma regra para o atendimento a este artigo.

Cabe destacar também que, é necessário definir o que se considera como “riscos similares”, que é indicado no artigo como um dos critérios para se exigir a presença de extintores de combate a incêndio tipo C.

Outro problema encontrado na verificação automática de regras para este artigo é a ausência dos agentes extintores e das classes de incêndio no sistema de classificação das informações da construção proposto pela NBR 15965. Apesar de não ser totalmente necessário nesta ocasião, esta é uma observação pertinente ao melhoramento deste sistema de classificação, que facilita muitas aplicações do BIM, principalmente a de verificação automática de regras.

4.2.4 Artigo 7º – Tipo de extintor e distância máxima a percorrer até os extintores portáteis

Este artigo define as diretrizes a respeito das distâncias máximas a serem percorridas para alcançar um extintor portátil, e dos tipos de extintores, assim como a capacidade extintora mínima para que o extintor constitua uma unidade extintora. Estes critérios são definidos de acordo com os riscos de incêndio dos imóveis, e são estabelecidos através de uma tabela idêntica a representada no Quadro 7 a seguir.

Quadro 7 – Exigências dos extintores portáteis em função do risco de incêndio, expostas no Artigo 7º.

| Risco de incêndio | Agente extintor e respectiva capacidade extintora mínima para que constitua uma unidade extintora | | | | | Distância máxima a ser percorrida |
|-------------------|---|----------|-----------------|--------|------------|-----------------------------------|
| | Água | Espuma | CO ₂ | Pó BC | Pó ABC | |
| Leve | 2-A | 2-A:10-B | 5-B:C | 20-B:C | 2-A:20-B:C | 30 m |
| Médio | 2-A | 2-A:10-B | 5-B:C | 20-B:C | 2-A:20-B:C | 15 m |
| Elevado | | | | | | |

Fonte: CBMSC (2018b)

O principal requisito exigido é da distância máxima a se percorrer até um extintor portátil. Esta exigência tem parâmetros objetivos, o que permitiu a sua verificação, que está descrita nas subseções a seguir.

O artigo também define a capacidade extintora mínima para constituir uma unidade extintora para cada tipo de agente extintor. Porém, estas informações não se constituem como uma exigência, mas sim dados pertinentes a outras exigências.

4.2.4.1 Desenvolvimento da verificação

Em relação à exigência de distância máxima a ser percorrida até os extintores, não foi possível desenvolver uma regra para checar diretamente estas distâncias, já que o SMC não possui um modelo de regra que verifique o caminhamento até componentes do modelo que não sejam espaços.

O que o software oferece é uma regra pré-definida, que é a SOL 161, usada para analisar, entre outras coisas, a distância entre espaços. É possível analisar inclusive a distância percorrida, evitando obstáculos e passando por portas, de um espaço para outro. Porém, as adaptações feitas no modelo para checar o caminhamento máximo até os extintores utilizando este modelo de regra seria muito trabalhoso e com pouca praticidade, e por este motivo não foi usada esta regra para a checagem deste requisito.

Em contrapartida, foi pensada em uma solução para a verificação deste requisito através da modelagem no projeto de vigas que representam a rota percorrida até um extintor portátil. E então, verifica se a soma dos comprimentos das vigas de cada percurso de caminhamento é menor que o limite máximo de distância a ser percorrida. Neste caso, estas rotas deverão ser modeladas durante a elaboração do projeto de sistema de extintores.

Cabe destacar que estas vigas devem estar presentes apenas na disciplina de proteção e prevenção contra incêndio, ou no PPCI do imóvel, deixando claro que elas não representam elementos que estarão fisicamente presentes na edificação.

No entanto, não foi possível analisar através de regras de checagem se os comprimentos totais das rotas de caminhamento (feitas com as vigas) são menores que o máximo permitido. O motivo disto é que o SMC não possui um modelo de regras que cheque a soma de comprimentos de componentes. Há uma regra que permite avaliar os comprimentos das vigas individualmente, mas não a soma destes componentes, inviabilizando a análise deste requisito através de regras automáticas.

No entanto, foi pensada em uma solução menos automatizada, porém efetiva, utilizando o mesmo software de checagem. Esta solução consiste no uso da funcionalidade “*Information Takeoff*”, que tem o sentido de “Extração de informações”. Esta funcionalidade permite extrair informações de elementos agrupados por características. Nesta aplicação, foi extraído o comprimento das vigas, agrupadas de forma que cada grupo de vigas representasse uma rota de caminhamento até um extintor portátil.

A Figura 16 a seguir mostra as definições para esta aplicação, feitas na janela de “*Information Takeoff Definition*”, que quer dizer “Definições da extração de informações”.

Figura 16 – Definições da extração de informações para verificação da distância máxima de caminhamento até extintores portáteis.

Information Takeoff Definition

Name: Comprimento das vigas de caminhamento até extintores

Description: Enter the description here

☒ Enable Grouping
☐ One Component per Row

Limits the Information Takeoff definition to these components

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|----------|----------|--|
| Include | Beam | Name | One Of | [Viga caminhamento extintor 1, Viga caminhamento extintor 2] |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Na janela exposta na Figura 16, são definidos os componentes que se deseja extrair as informações. Essa seleção de componentes é feita através da funcionalidade de filtragem de componentes. Para esta aplicação, o filtro seleciona componentes do tipo “*Beam*”, que significa “Viga”, que tenham atribuídos “Viga caminhamento extintor 1” ou “Viga caminhamento 2” como valor da propriedade “*Name*”, ou “Nome” no idioma português.

Nesta pesquisa, foram utilizadas as propriedades descritas no parágrafo anterior para indicar, no modelo, a qual rota de caminhamento cada viga pertencia. Mas outras propriedades podem ser utilizadas, de acordo com a preferência do usuário. O importante é que isto esteja de acordo no modelo do projeto e na configuração de extração de informações do software de checagem.

Desta forma, uma das diretrizes de modelagem desta verificação para este caso é que as vigas sejam modeladas com o nome “Viga caminhamento extintor 1” ou “Viga caminhamento extintor 2”, dependendo se ela faz parte da rota de caminhamento até o “Extintor 1” ou até o “Extintor 2”.

Além disso, caso não se souber com exatidão qual o ponto mais afastado em relação a um extintor, devem ser modeladas diferentes rotas de caminhamento até um mesmo extintor. Mas caso já ter sido descoberto o ponto mais distante de um extintor na edificação

através de análise visual, pode-se criar apenas a rota de caminhamiento entre este ponto e o respectivo extintor de incêndio.

Antes da rodagem da extração de quantitativos, devem ser obrigatoriamente adicionadas as colunas “*Name*”, que significa “Nome”, e “*Length*”, que quer dizer “Comprimento”. As Figura 17 e Figura 18 a seguir mostram o procedimento de inserção destas colunas, realizado através da opção “*New Column*”, que significa “Nova Coluna”.

Figura 17 – Inserção da coluna “*Name*” na extração de quantitativo para verificação da distância de máxima caminhamiento até extintores portáteis.

New Column

Column Type

- ☐ Component
- ☐ Component Count
- ☒ Identification
- ☐ Location
- ☐ Quantity
- ☐ Space Boundary Areas
- ☐ Property Set
- ☐ Material
- ☐ Classification
- ☐ Hyperlink
- ☐ Relation
- ☐ Color

Column Attributes

Name:

Value by Column:

Identification:

Sorting Order:

Grouping: ☒

Column Description

Identification property of component. You can see identification values in Identification tab page of Info view.

OK Cancel

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Figura 18 – Inserção da coluna “*Length*” na extração de quantitativo para verificação da distância máxima de caminhada até extintores portáteis.

Edit Column - Length

Column Type

- ☐ Component
- ☐ Component Count
- ☐ Identification
- ☐ Location
- ☒ Quantity
- ☐ Space Boundary Areas
- ☐ Property Set
- ☐ Material
- ☐ Classification
- ☐ Hyperlink
- ☐ Relation
- ☐ Color

Column Attributes

Name: Length

Value by Column: [Dropdown]

Quantity: Length

Sorting Order: A -> Z

Grouping: ☐

Function: Sum

Column Description

Quantity property of component. You can see quantity values in Quantities tab page of Info view.

OK Cancel

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Na Figura 17, pode se observar que está selecionada a opção “*Grouping*”, que significa “Agrupamento”. Esta opção faz com que os itens que tiverem valor igual na propriedade “Nome” sejam agrupados. Desta forma, todas as vigas de uma mesma rota de caminhada serão agrupadas na mesma linha, permitindo a verificação dos comprimentos somados destas vigas.

Na Figura 18, observa-se que no campo “*Function*”, que significa “Função”, está selecionado o valor “*Sum*”, que quer dizer “Soma”. Desta maneira, serão somados os comprimentos de todos os elementos agrupados.

Então, o comprimento total de cada percurso de caminhada até um extintor pode ser visualizado, e conferido se é menor que o máximo permitido para cada risco de incêndio, que é 15m para imóveis de risco leve e 30m para imóveis de risco médio ou elevado.

Os critérios para definição do risco de incêndio do imóvel estão descritos na Instrução Normativa 003 (Carga de incêndio). Para auxiliar esta definição, pode ser utilizada no Solibri a classificação “Risco de Incêndio”, explicada na seção 4.2.1.2.

Vale destacar também que, para esta pesquisa, os percursos de caminhada foram modelados com vigas, mas também podem ser usados outros tipos de componentes. Porém, só

podem ser utilizados componentes que tenham o comprimento como uma propriedade disponível, como por exemplo, tubulações de água.

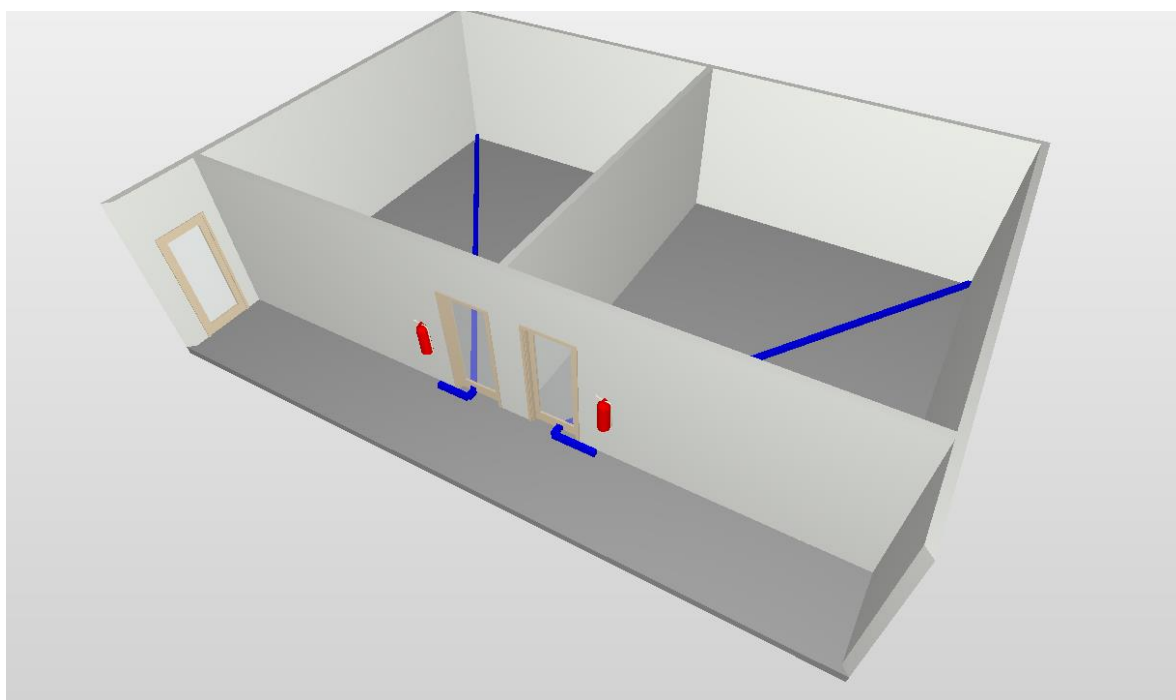
A única diretriz de modelagem para esta verificação está descrita a seguir:

- a) Modelar as rotas de caminamento até todos os extintores utilizando vigas. Todas as vigas de uma mesma rota devem possuir o mesmo nome, identificado a qual rota a viga pertence.

4.2.4.2 Resultados da verificação

Para testar a verificação deste requisito, foi concebido um modelo BIM de uma edificação, através do ArchiCAD. A edificação representada possui duas salas e um corredor, e dois extintores portáteis localizados no corredor. Além disso, foram criadas também as vigas representativas das rotas de caminamento até os extintores, partindo dos pontos mais distantes dos extintores. A Figura 19 a seguir exibe este modelo.

Figura 19 – Modelo da edificação para teste da verificação da distância máxima de caminamento até extintores portáteis.

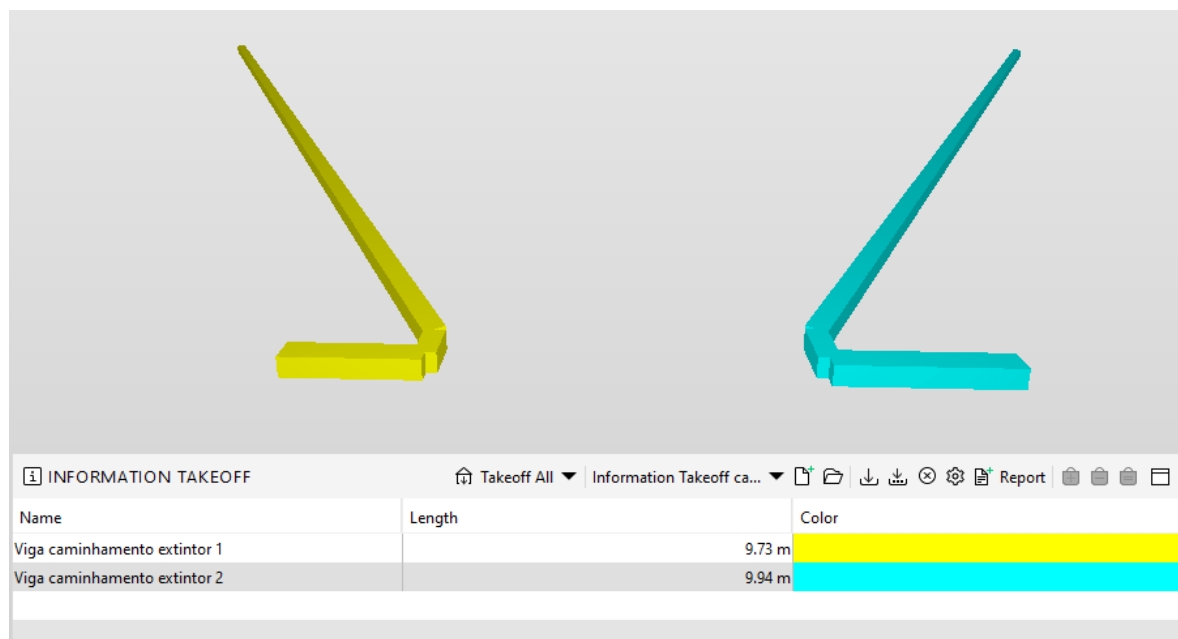


Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Para melhor visualização dos componentes envolvidos no processo de verificação, foram escondidas a laje superior da edificação e uma das paredes externas. As vigas das rotas de caminamento foram selecionadas para se ter uma melhor visualização das mesmas.

Então, foi realizada a extração de informações, que está exposta na Figura 20 a seguir.

Figura 20 – Extração de informações do modelo de teste da verificação da distância máxima de caminhada até extintores portáteis.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Pela Figura 20, pode se perceber que as vigas das rotas estão agrupadas em linhas diferentes, que representam cada percurso de caminhada. E também, os comprimentos destas rotas atendem aos requisitos de distância percorrida máxima até extintores portáteis, que estão representados na coluna “*Length*”, com os valores 9,73m e 9,94m, inferiores a 15m, que é o máximo permitido para imóveis de risco de incêndio médio ou levado

A coluna “*Color*”, ou “*Cor*”, é opcional, e neste caso foi utilizada para melhorar a identificação de cada rota de caminhada.

4.2.5 Artigo 8º – Quantidade mínima de extintores portáteis em cada pavimento

De acordo com a IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores) (CBMSC, 2018b, p. 4):

Art. 8º Em cada pavimento, inclusive para edificações térreas, são exigidos no mínimo 2 extintores com pelo menos uma unidade extintora cada, mesmo que apenas um extintor atenda a distância máxima a ser percorrida.

Parágrafo único. Nos imóveis com risco de incêndio leve, desde que atendida a distância máxima a ser percorrida, permite-se a existência de apenas uma unidade extintora, nos seguintes casos:

- I – nos mezaninos com área inferior à 100 m²;
- II – nos pavimentos com área inferior à 100 m²;
- III – nas edificações com área inferior à 100 m²;
- IV – em blocos isolados térreos com área inferior à 100 m².

Os requisitos deste artigo estão parametrizados objetivamente. Logo, foi possível verificá-los através de regras automáticas, que estão descritas nas seções seguintes.

4.2.5.1 Desenvolvimento das regras de verificação

A primeira verificação a ser feita para este caso é a identificação do risco de incêndio, já que a quantidade mínima de extintores necessária depende deste risco. Para imóveis de risco médio ou elevado, a consideração da quantidade mínima é diferente para imóveis de risco leve.

Então, para checar esta característica da edificação foram elaboradas duas regras utilizando o modelo de regra SOL 231, usada para comparar valores de até duas propriedades associadas a um componente.

Além disso, estas regras foram utilizadas como *gatekeepers*, que, segundo Santa Catarina ([2017]), são regras que contêm outras regras, permitindo a verificação em conjunto de maneira hierárquica. A função da regra *gatekeeper* é filtrar componentes que servirão como dados de entrada para outras regras que estiverem “dentro” da *gatekeeper*. Então neste caso, uma das regras servirá para identificar espaços que estejam contidos em edifícios de risco médio ou elevado – correspondendo a uma das regras –, ou em edifícios de risco leve, que corresponde a outra regra. Esta é uma forma indireta de verificar o risco do edifício, já que só haverá um edifício carregado no software. Além disso, deixará os espaços do modelo como dados de entrada para as regras que verificarão a quantidade de extintores de incêndio portáteis.

A Figura 21 a seguir mostra as configurações da regra *gatekeeper* que verifica se a edificação possui risco de incêndio leve.

Figura 21 – Parâmetros e informações da regra para checagem de risco de incêndio leve.

PARAMETERS
Revert Changes
Severity Parameters

Checked Components

Components to Check

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|----------|----------|-------|
| Include | Space | | | |

Target Value

Target Value Type
Numeric
Number
1

Factor
1

Compared Components

Components to Compare
Related Component

Relation

Type
Containment
Follow Relation Chain
☒

Direction
☐ Forward
☒ Backward

Filter for Components to Compare

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|-------------------|----------|--------------|
| Include | Building | Risco de incêndio | One Of | [Risco Leve] |

Quantifier
Count

Operator
=

INFO

Name
Art.8 - Edificação de Risco Leve

Description
Edit
This rule is used to compare the values of two properties attached to a component.

Sub Rule Options
☐ Check all model components, if passed
☐ Check all model components, if issues
☐ Check only failed components
☒ Check only passed components

Author
Solibri, Inc.

Version
1.4

Date
2017-03-31

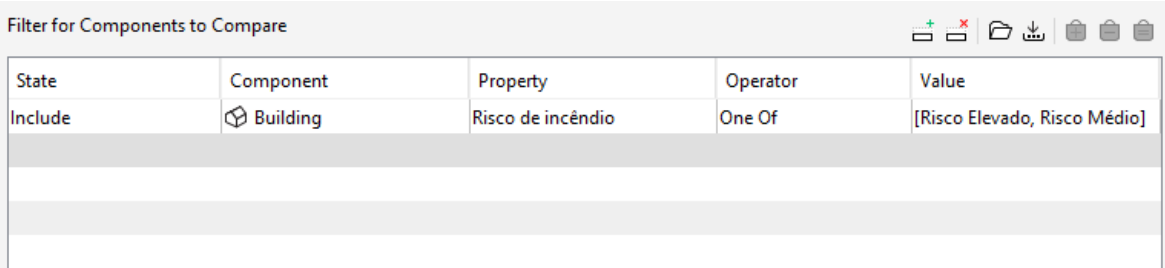
Support Tag
SOL/231/1.4


Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Cabe destacar que este modelo de regra é muito versátil, porém tem um funcionamento consideravelmente complexo. Mas em suma, neste caso ela checa se todos os espaços do modelo (conforme selecionado na tabela “*Components to Check*”, ou

“Componentes a Checar”), estão contidos em um componente especificado na tabela “*Filter for Components to Compare*”, que significa “Filtro para Componentes a Comparar”. Nesta regra, os componentes a comparar são aqueles do tipo “*Building*”, que quer dizer “Edifício”, que seja da categoria “Risco Leve” da classificação “Risco de Incêndio”, que está explicada na seção 4.2.1.2. Na regra que identifica os edifícios de risco médio e elevado, só é alterado o valor “Risco Leve” para “Risco Médio” e “Risco Elevado”, conforme exibido na Figura 23 seguinte.

Figura 22 – Filtro dos componentes a comparar da regra para checagem de risco de incêndio médio ou elevado.



| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|--|-------------------|----------|------------------------------|
| Include |  Building | Risco de incêndio | One Of | [Risco Elevado, Risco Médio] |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Na janela “*Info*”, onde são definidas as informações da regra, a marcação da opção “*check only passed components*” – que quer dizer “cheque apenas os componentes passados” – no campo “*Sub Rule Options*” – que tem o sentido de “Opções das Sub-regras” – é importante para o funcionamento das sub-regras da regra *gatekeeper*. A opção faz com que os espaços que passarem pela verificação da regra, ou seja, aqueles que estiverem contidos em uma edificação de determinado risco, serão usados como dados de entrada nas sub-regras subsequentes responsáveis pela verificação da quantidade mínima de extintores.

Então, como consta no Artigo 8º da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores), os pavimentos, mezaninos, blocos isolados térreos ou edificações com área menor que 100m², em que a edificação for de risco de incêndio leve, devem ter no mínimo uma unidade extintora portátil. Já nos demais casos, isto é, pavimentos, mezaninos, edificações ou blocos isolados térreos com área maior ou igual a 100m², ou que fazem parte de edificações de risco de incêndio médio ou elevado, o mínimo exigido são duas unidades extintoras.

Assim sendo, foram elaboradas três regras para verificar esta quantidade mínima de unidades extintoras utilizando o modelo de regra pré-definido SOL 231. Uma delas aplicada para pavimentos com área menor do que 100m² em edificações de risco de incêndio leve, outra para pavimentos com mais ou igual de 100m² de área em edificações de risco de

incêndio leve, e mais outras para edificações de risco médio ou elevado. A Figura 23 a seguir mostra as configurações da primeira regra mencionada no parágrafo.

Figura 23 – Parâmetros e informações da regra de verificação da quantidade mínima de unidades extintoras para pavimentos com área inferior a 100m² em edificações de risco de incêndio leve.

PARAMETERS
Revert Changes
Severity Parameters

Checked Components

Components to Check

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|----------|----------|---|
| Include | Space | Name | One Of | [Área Bruta 1o Pavimento, Área Bruta 2o Pavimento, Área Bruta Térreo] |
| Include | Space | Area | < | 100.00 m2 |

Target Value

Target Value Type
Numeric
Number
1

Factor
1

Compared Components

Components to Compare
Same Space

Filter for Components to Compare

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|---|----------|---|
| Include | Any | Extintores com pelo menos uma unidade extintora | One Of | [Extintores com pelo menos uma unidade extintora] |
| Include | Any | Extintores | One Of | [Extintores portáteis] |

Quantifier
Count

Operator
≥

INFO

Name
Art.8 - 1 Extintor de Incêndio por pavimento (quando Área ≤ 100m²)

Description
Edit
This rule is used to compare the values of two properties attached to a component.

Author
Solibri, Inc.

Version
1.4

Date
2017-03-31

Support Tag
SOL/231/1.4

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Os componentes que serão checados na regra são espaços que representam a área bruta de cada pavimento e que possuam área menor que 100m², conforme especificado na tabela “*Components to check*”. Desta forma, estes espaços precisam estar presentes no modelo para que a regra funcione. Nesta aplicação, os espaços possuíam o nome “Área Bruta 1o

Pavimento”, “Área Bruta 2o Pavimento” e “Área Bruta Térreo”, porém, outras identificações podem ser usadas, desde que estejam de acordo nos parâmetros da regra.

Então, é verificado se nestes espaços são contados um ou mais componentes que passem pelos filtros de componentes determinados no campo “*Filter for Components to Compare*”. Estes componentes filtrados são os categorizados como “extintores portáteis” na classificação “Extintores”, que é explicada na seção 4.2.1.1, e que também sejam da classe “Extintores com pelo menos uma unidade extintora” da classificação de mesmo nome, exposta na seção 4.2.1.3. Caso o software verificar que há menos de um, ou nenhum, extintor que satisfaça os critérios do filtro da regra, será apontada a ocorrência de não conformidade.

Além disso, a regra está inserida como sub-regra da regra *gatekeeper* que verifica se a edificação possui risco de incêndio leve.

As diferenças das outras duas regras de verificação da quantidade mínima de unidades extintoras estão no filtro dos componentes a checar e no valor do “*Target Value*”, que quer dizer “Valor Alvo”, e representa neste caso a quantidade mínima de extintores a se averiguar. As Figura 24 e Figura 25 seguintes mostram estes parâmetros.

Figura 24 – Componentes a checar e valor alvo da regra de verificação da quantidade mínima de unidades extintoras para pavimentos com área maior ou igual a 100m² em edificações de risco de incêndio leve.

PARAMETERS

Revert Changes Severity Parameters

Checked Components

Components to Check

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|----------|----------|---|
| Include | Space | Name | One Of | [Área Bruta 1o Pavimento, Área Bruta 2o Pavimento, Área Bruta Térreo] |
| Include | Space | Area | ≥ | 100.00 m2 |

Target Value

Target Value Type: Numeric

Number: 2

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Figura 25 – Componentes a checar e valor alvo da regra de verificação da quantidade mínima de unidades extintoras para pavimentos em edificações de risco de incêndio médio ou elevado.

PARAMETERS

Revert Changes Severity Parameters

Checked Components

Components to Check

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|----------|----------|---|
| Include | Space | Name | One Of | [Área Bruta 1o Pavimento, Área Bruta 2o Pavimento, Área Bruta Térreo] |

Target Value

Target Value Type: Numeric

Number: 2

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Na Figura 24, observa-se que os espaços checados são aqueles que representam a área bruta dos pavimentos e com área maior ou igual a 100m². Além disso, esta é uma sub-regra da regra *gatekeeper* que verifica se o imóvel possui risco de incêndio leve.

Já na Figura 25, os espaços checados são apenas aqueles que correspondem às áreas brutas dos pavimentos. A regra está aninhada na regra *gatekeeper* que verifica se o imóvel possui risco de incêndio médio ou elevado.

O valor alvo das duas regras é igual a dois, que é o valor representativo da quantidade mínima de unidades extintoras por pavimento, como pode se observar nas Figura 24 e Figura 25.

As diretrizes essenciais à correta verificação deste artigo estão expostas a seguir:

- Atribuir a ocupação do imóvel à edificação, através da *property set* “Occupancy Type”, do *property set* “Pset_BuildingCommon”. Esta atribuição é necessária para definir o risco de incêndio do imóvel, que é feita através da classificação do SMC “Risco de incêndio”, explicada na subseção 4.2.1.2.
- Modelar os espaços que representam as áreas brutas de todos os pavimentos da edificação.
- Atribuir os agentes extintores e capacidades extintoras aos extintores de incêndio, através de um *property set* personalizado. Isto é necessário para definir se o extintor representa uma unidade extintora, através da classificação “Extintores com pelo menos uma unidade extintora”. Esta classificação é explanada na subseção 4.2.1.3, assim como o procedimento e

as nomenclaturas utilizadas para a inserção das propriedades capacidade extintora e agente extintor.

- d) Atribuir o tipo de extintor de incêndio, conforme classificação da NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção), para incluir os extintores de incêndio na classificação “Extintores”, explicada na subseção 4.2.1.1.

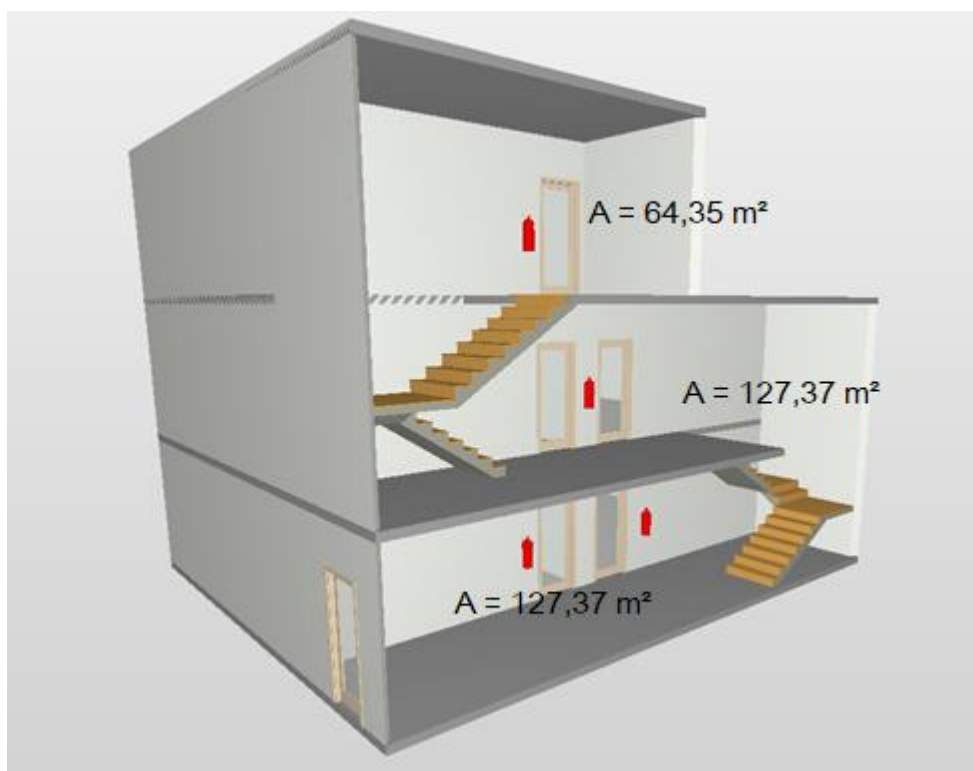
4.2.5.2 Resultados da verificação das regras

Para realizar o teste da verificação deste artigo, foi elaborado um modelo de uma edificação, utilizando o ArchiCAD. Este modelo representa uma edificação de três andares. O pavimento térreo possui duas salas, um corredor, dois extintores de incêndio portáteis instalados no corredor, e uma área bruta de 127,37m². O primeiro pavimento também possui duas salas, um corredor e área bruta de 127,37m², mas há apenas um extintor de incêndio portátil, localizado no corredor. Já o segundo pavimento possui uma sala e um corredor, com um extintor portátil, e área bruta de 64,35m². A edificação possui ocupação “Escolar geral”, logo, possui risco de incêndio leve.

Os extintores de incêndio possuem o agente extintor pó ABC, e têm capacidade extintora 2-A:20-B:C, constituindo cada extintor como uma unidade extintora. Estes dados foram inseridos através da *property set* “Características dos extintores”, criadas para esta aplicação.

A Figura 26 a seguir mostra o modelo desta edificação para teste da verificação proposta, extraída do modo de visualização de modelos do Solibri.

Figura 26 – Modelo da edificação para teste da verificação das regras que checas o Artigo 8º.



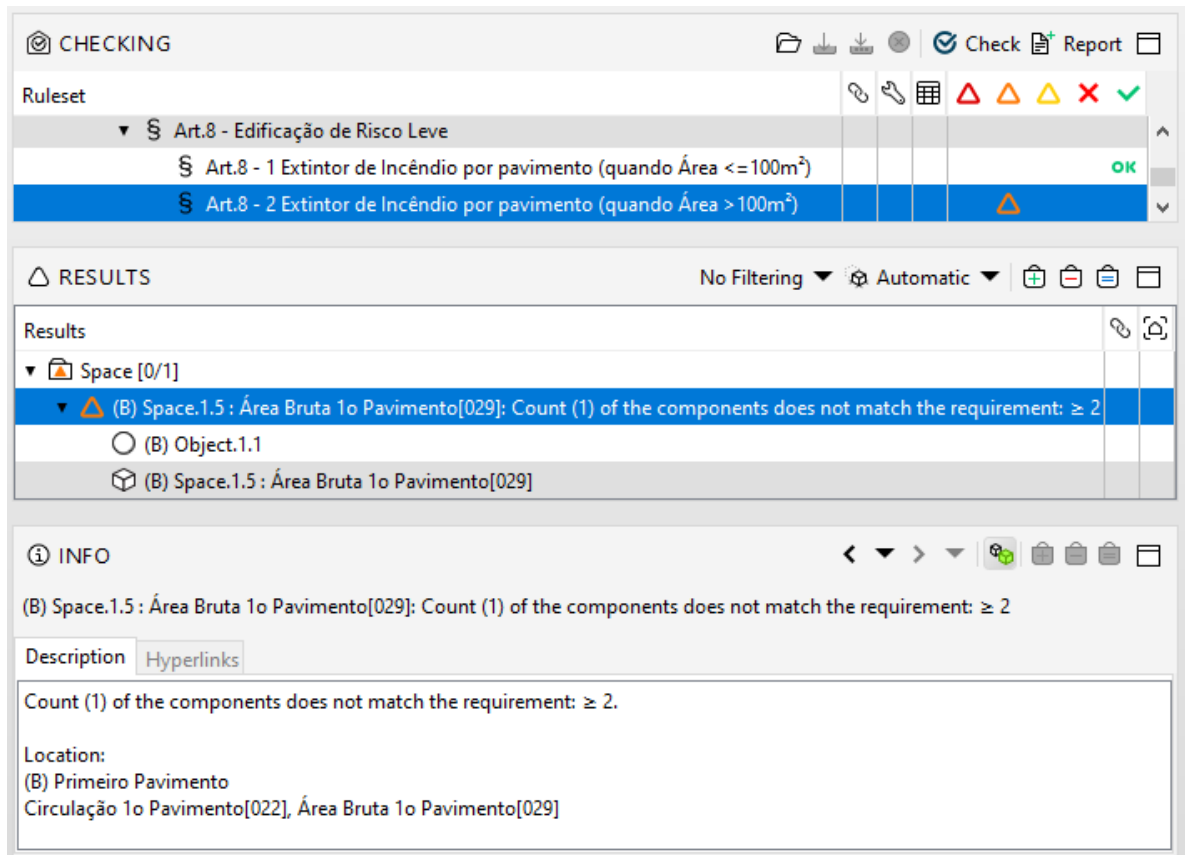
Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

As paredes da fachada frontal do edifício tiveram sua visualização desligada para possibilitar a visualização dos extintores portáteis instalados.

Então, pode se perceber que o pavimento térreo está em concordância com o Artigo 8º, já que possui duas unidades extintoras. O segundo pavimento também está de acordo com a exigência, já que o mesmo possui uma unidade extintora instalada, área bruta menor que 100m^2 e a edificação possui risco de incêndio leve. Já o primeiro pavimento não está em conformidade, pois possui apenas uma unidade extintora e tem mais de 100m^2 de área.

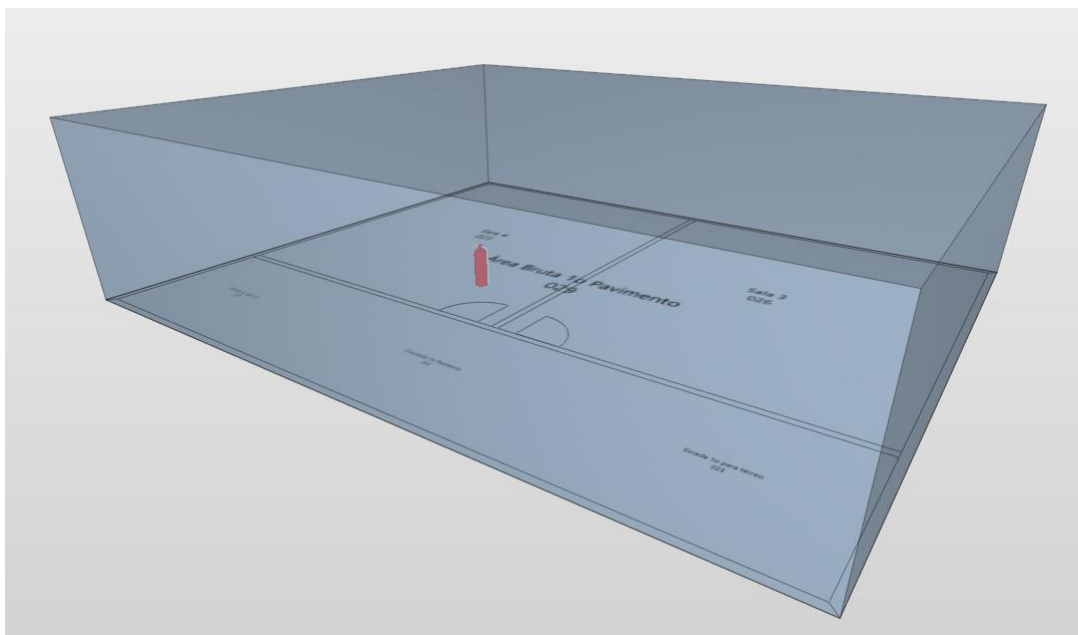
Após a execução da regra, o software encontrou a única inconformidade corretamente, que ocorre no primeiro pavimento que só possui um pavimento, como é mostrado nas Figura 27 e Figura 28 a seguir.

Figura 27 – Ocorrência de inconformidade devido ao primeiro pavimento não possuir a quantidade mínima de unidades extintoras.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Figura 28 – Componentes do modelo envolvidos na inconformidade devido ao primeiro pavimento não possuir a quantidade mínima de unidades extintoras.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Conforme a Figura 27, não houve nenhuma ocorrência de inconformidade com a regra “Art. 8 – 1 Extintor de Incêndio por pavimento (quando Área $\leq 100\text{m}^2$)”, indicado pelo símbolo de “OK” na janela “*Checking*”.

Já para a regra “Art. 8 – 2 Extintores de Incêndio por pavimento (quando Área $> 100\text{m}^2$)” foi acusada uma ocorrência, envolvendo os componentes indicados na janela “*Results*”, ou “*Resultados*”. Estes componentes são o espaço que representa a área bruta do 1º pavimento e o extintor portátil localizado no mesmo pavimento, que podem ser visualizados na Figura 28. A janela de informação da ocorrência, exibida na Figura 27 indica que a contagem de apenas uma unidade extintora não corresponde ao requisito de no mínimo duas unidades extintoras, através da mensagem “*Count (1) of the componentes does not match the requirements: ≥ 2 .*”

Caso a edificação fosse de risco médio ou elevado, seria verificado automaticamente se pelo menos duas unidades extintoras estariam instaladas em todos os pavimentos. Neste caso, seriam apontadas duas ocorrências, uma no primeiro pavimento e outra no segundo.

4.2.6 Artigo 9º – Instalação de extintores de pó tipo B:C em postos de reabastecimento de combustíveis

Este artigo, que também trata a respeito do dimensionamento de extintores portáteis, está descrito da seguinte forma (CBMSC, 2018b, p. 4):

Art. 9º Para postos de reabastecimento de combustíveis é obrigatória a instalação, no mínimo, de uma unidade extintora de pó tipo B:C por bomba de abastecimento.

Apesar desta exigência estar parametrizada objetivamente, não foi possível realizar a sua verificação. O motivo é que não há nenhuma regra pré-definida no Solibri que compare a quantidade de elementos diferentes.

Caso existisse um modelo de regra que fizesse esse tipo de verificação, ou se fosse possível analisar com a utilização de outras regras, seria verificado se a contagem de unidades extintoras de pó tipo B:C é maior ou igual a quantidade de bombas de abastecimento contidas na edificação.

Para a identificação das bombas de abastecimento poderia ser usado código de classificação deste equipamento, definido na tabela de componentes (2C) da NBR 15965, que é 34 14 06 14, nomeado como “Equipamento de distribuição de combustível”. Já os extintores deveriam ser classificados de maneira semelhante à checagem do Artigo 8º, com a definição

do agente extintor, que neste caso dever ser pó BC ou ABC, e com a atribuição de sua capacidade extintora para que seja considerada uma unidade extintora. Além disso, a checagem só seria aplicada às edificações de ocupação “Postos de reabastecimentos de combustíveis”.

4.2.7 Artigo 10º – Obrigatoriedade de proteção por extintores sobre rodas

Este é o primeiro artigo da seção de dimensionamento sobre rodas e está exposto na IN como (CBMSC, 2018b, p. 4):

Art. 10. A proteção por extintores sobre rodas é obrigatória:

- I – nos postos de reabastecimento de combustíveis, quando não dispor de Sistema Hidráulico Preventivo; ou
- II – nos imóveis com risco de incêndio elevado, quando não dispor de Sistema Hidráulico Preventivo.

O artigo possui parâmetros objetivos, e foi possível verifica-lo através de regras automáticas, explanadas nas subseções seguintes.

4.2.7.1 Desenvolvimento das regras de verificação

Primeiramente, é importante citar que segundo o artigo, a instalação de extintores sobre rodas é obrigatória em postos de reabastecimento de combustíveis e em imóveis com risco de incêndio elevado, quando ambos a edificação não dispor de Sistema Hidráulico Preventivo (SHP). No entanto, como para a determinação do risco de incêndio no software de checagem só são consideradas as ocupações que os edifícios terão, sem levar em contar a carga de incêndio, todas as edificações com ocupação “postos de reabastecimento de combustíveis” serão de risco elevado. Desta forma, na regra desenvolvida é considerado apenas que todas as edificações com risco de incêndio elevado, que não dispuserem de SHP, deverão ter extintores sobre rodas instalados.

Assim sendo, foram utilizadas dois modelos de regras para esta verificação, a SOL 231 e a SOL 11. A primeira, que já foi usada em outras aplicações, serve para comparar valores de duas propriedades atreladas aos componentes, como é explicado na interface do software. Já a outra regra, checa se um modelo contém determinados componentes.

Com a SOL 231, foi elaborada uma regra, intitulada “Art.10 - Edificação de Risco Elevado que não contenha SPH”, que, como o próprio nome indica, verificará se a edificação

possui risco de incêndio elevado, e se a mesma dispõe de SPH. Esta regra funciona como *gatekeeper*, ou seja, os componentes que atenderem aos critérios da regra serão usados como dados de entrada para a verificação das sub-regras aninhadas nela. Estes componentes serão as edificações de risco elevado que não tiverem SPH instalado, que serão avaliados pela sub-regra se possuem ou não extintores de incêndio sobre rodas. As Figura 29 e Figura 30 mostram as configurações destas duas regras citadas.

Figura 29 – Parâmetros e informações da regra de verificação de edificações de risco de incêndio elevado sem SPH instalado.

PARAMETERS

Revert Changes Severity Parameters

Checked Components

Components to Check

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|-------------------|----------|-----------------|
| Include | Building | Risco de incêndio | One Of | [Risco Elevado] |

Target Value

Target Value Type Numeric Number 0

Factor 1

Compared Components

Components to Compare Related Component

Relation

Type Containment Follow Relation Chain

Direction Forward Backward

Filter for Components to Compare

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|---------------|----------|---|
| Include | Any | NBR15965-4.2C | One Of | [54 30 04 20, 54 30 03, 54 30 03 12, 54 30 03 14, 54 30 04, 54 30 04 12, 54 30 04 14, 54 30 04 16, 54 30 04 18] |

Quantifier Count

Operator =

INFO

Name Art.10 - Edificação de Risco Elevado que não contenha SPH

Description Edit

This rule is used to compare the values of two properties attached to a component.

Sub Rule Options

☒ Check all model components, if passed
☐ Check all model components, if issues
☐ Check only failed components
☐ Check only passed components

Author Solibri, Inc.

Version 1.4

Date 2017-03-31

Support Tag SOL/231/1.4

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Pela Figura 29, pode-se observar que os componentes checados pela regra são edificações que são da classe “Risco Elevado” da classificação “Risco de Incêndio”. Esta classificação está explanada na seção 4.2.1.2.

Então, de acordo com os demais critérios, é verificado se há dentro do componente a checar zero componentes especificados no filtro de componentes a comparar, definidos como todos os componentes que tiverem o valor da propriedade “2C” do *property set* “NBR_15965-4” igual a “54 30 03”, “54 30 03 12”, “54 30 03 14”, “54 30 04”, “54 30 04 12”, “54 30 04 14”, “54 30 04 16”, “54 30 04 18” ou “54 30 04 20”. Estes valores correspondem respectivamente aos códigos dos componentes “Hidrante de incêndio”, “Hidrante de incêndio de barril seco”, “Hidrante de incêndio de barril molhado”, “Mangueira de equipamento de incêndio”, “Mangueira de incêndio”, “Saída de mangueira de incêndio”, “Armário para mangueira de incêndio”, “Bobina da mangueira de incêndio” e “Conector de mangueira de incêndio”, de acordo com a tabela 2C² (componentes) do sistema de classificação das informações da construção proposto pela NBR 15965. Esta análise da presença destes elementos foi a maneira utilizada para checar se o edifício possui SPH instalado, já que, segundo CBMSC (2017), estes elementos são essenciais a estes sistemas, como verificado na IN 07 (Sistema Hidráulico Preventivo), e devem estar presentes no modelo do PPCI.

Nas opções de sub-regra, está selecionada preferência “*Check all model componentes, if passed*”. Assim, todos componentes que satisfizerem aos critérios – ou seja, as edificações de risco de incêndio elevado sem SPH instalado – serão verificados pela próxima regra, que tem as configurações exibidas na Figura 30 a seguir.

² A parte 4 da norma, que é a qual a tabela 2C está inserida, ainda não foi publicada. Então, para o desenvolvimento desta parte da pesquisa, a comissão responsável pela elaboração da norma concedeu acesso à planilha em que está sendo elaborada a tabela 2C.

Figura 30 – Parâmetros e informações da regra de verificação da existência de extintores sobre rodas na edificação.

PARAMETERS

Revert Changes
Severity Parameters

Disciplines

Any

Architectural

Air Conditioning

Building Services

Checking scope
Every model in disciplines

Required Classification
Extintores

All components must be classified
☐

Required components

+
-
^
v

| Component | Construction Type Required | Classification Name |
|-----------|----------------------------|------------------------|
| Any | <input type="checkbox"/> | Extintores sobre rodas |
| | | |

☒ All Rows Are Required
☐ At Least One Row is Required

INFO

Name
Art.10 - Edificação contém extintor de incêndio sobre rodas

Description

Edit

This rule checks that the model contains components of a selected types. It also checks that components have a construction type.

Author
Solibri, Inc.

Version
4.1

Date
2015-02-04

Support Tag
SOL/11/4.1

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Os parâmetros, expostos na Figura 30 acima, estabelecem a verificação da existência de componentes da classe “Extintores sobre rodas” da classificação “Extintores” (explicada na seção 4.2.1.1) – especificados no campo “*Required componentes*”, ou “Componentes obrigatórios” – em todas as disciplinas carregadas, conforme a marcação “Any”, que quer dizer “Quaisquer”, no campo “*Disciplines*”, que significa “Disciplinas”.

As opções “*All Rows Are Required*” e “*At Least One Row is Required*” – que significam, respectivamente, “Todas as Linhas São Obrigatórias” e “Pelo Menos Uma Linha É Obrigatória” – não tem relevância neste caso, já que há apenas uma linha na tabela dos componentes obrigatórios.

As diretrizes de modelagem essenciais para o funcionamento correto das verificações são:

- a) Atribuir a ocupação da edificação, através da propriedade “*OccupancyType*” da *property set* “*BuildingCommon*”, necessária para a classificação do risco de incêndio do imóvel. Esta classificação e o procedimento de preenchimento do tipo de ocupação estão expostos na seção 4.2.1.2.
- b) Atribuir o código de classificação aos objetos representativos dos hidrantes e mangotinhos, por meio da propriedade “2C” do conjunto de propriedades “NBR_15965-4”, referente a tabela 2C (componentes) do sistema de classificação da norma.
- c) Atribuir o tipo de extintor de incêndio (portátil ou sobre rodas) de acordo com os códigos da norma através da propriedade “2C” do *property set* “NBR_15965-4”, para definição da classificação “Extintores”, explicada na subseção 4.2.1.1.

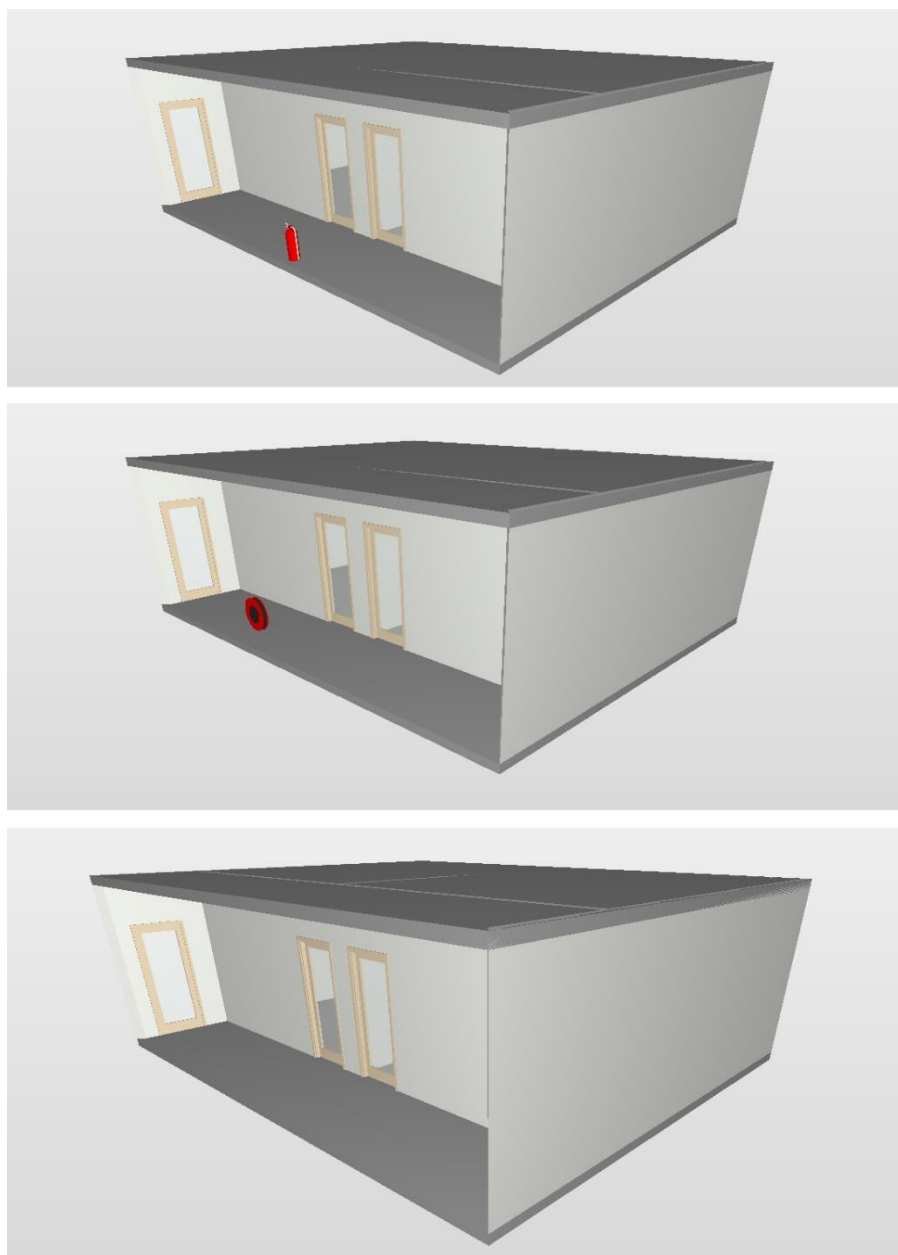
4.2.7.2 Resultados da verificação das regras

Para a realização dos testes, foram elaborados três modelos BIM. Todos as edificações têm a mesma configuração, com um pavimento térreo, com um corredor e dois aposentos, além de possuírem risco de incêndio elevado, já que a ocupação atribuída foi “depósito de combustíveis, inflamáveis, explosivos ou munições”. As diferenças entre elas são a presença ou não de elementos envolvidos na checagem, já que uma edificação possui um extintor sobre rodas, outra não possui extintor sobre rodas, mas possui uma mangueira de incêndio, e a terceira não possui nenhum dos dois elementos.

Desta forma, a verificação deve indicar a inconformidade na edificação que não possui extintor sobre rodas e nem mangueira de incêndio, que indica que não há SHP instalado.

A Figura 31 seguinte exhibe os modelos BIM usados para teste da checagem, a partir da visualização de modelos do SMC.

Figura 31 – Modelos das edificações para teste das regras que verificam as exigências do Artigo 10º.

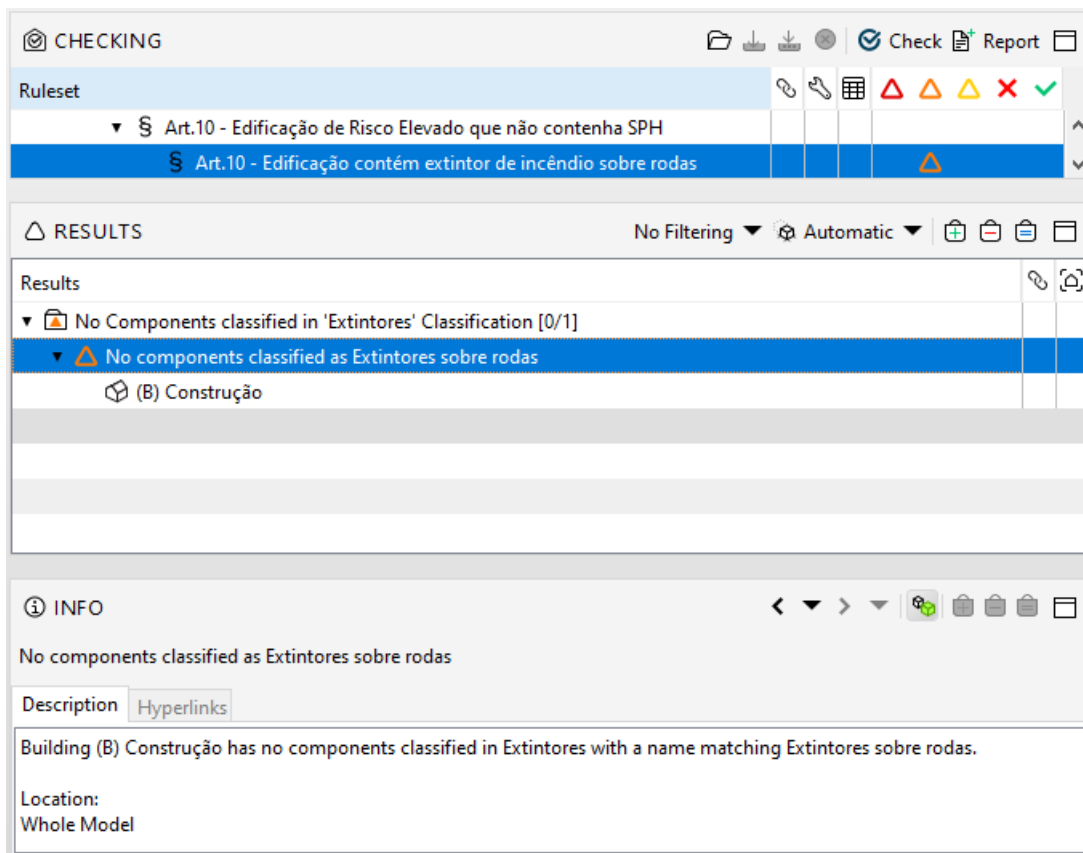


Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

A parede externa, onde os equipamentos de segurança contra incêndio estão instalados, teve a visualização desligada para possibilitar a visualização dos equipamentos. Além disso, para representar o extintor sobre rodas, foi utilizado um objeto de extintor portátil posicionado sobre o piso, já que não foi encontrado um objeto que representasse um extintor sobre rodas. A mangueira de incêndio foi obtida no site *BIMobject*.

Após a execução da verificação das regras nos três modelos, foi acusada corretamente pelo software a inconformidade no modelo da edificação sem extintor sobre rodas e sem mangueira de incêndio, como é mostrado na Figura 32 a seguir.

Figura 32 – Ocorrência de inconformidade devido a não existência de um extintor sobre rodas na edificação de risco elevado que não dispõe de SPH.



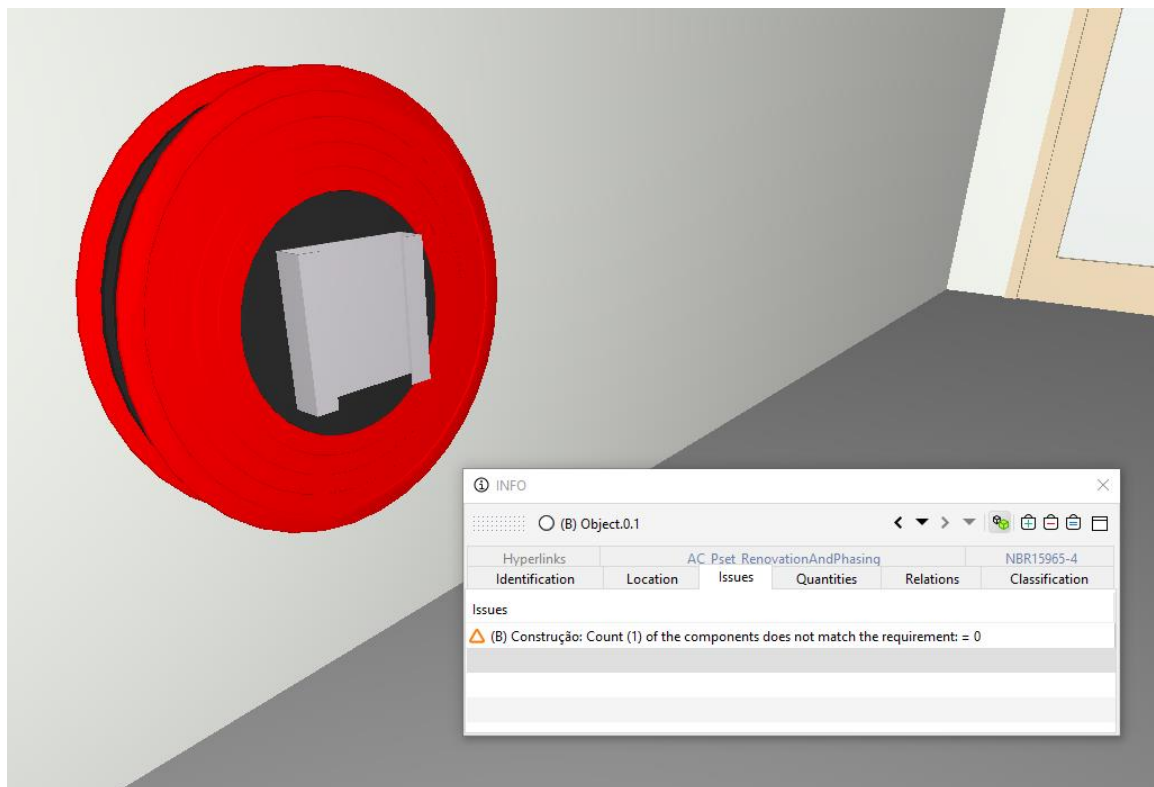
Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Como se pode ver, a verificação da regra “Art. 10 – Edificação contém extintor de incêndio sobre rodas” indicou a ocorrência de uma incongruência. Como está descrito na janela de informações, a ocorrência se deve ao fato de o edifício não tem componentes da classe “Extintores sobre rodas” da classificação “Extintores”, de acordo com a mensagem “Building (B) Construção has no components classified in Extintores with a name matching Extintores sobre rodas”.

Na verificação das outras duas verificações não foram acusadas inconformidades com o artigo. Para o modelo da edificação que possui a mangueira de incêndio, o software indicou que o objeto da mangueira está envolvido na ocorrência da regra *gatekeeper* que checka se a edificação possui zero elementos desse tipo. Pode se observar pela Figura 33 que na janela de informações do componente, é apontado que houve a contagem de um componente (mangueira de incêndio) na edificação, não satisfazendo o requisito de haver zero componentes, através da mensagem “Construção: Count (1) of the components does not match the requirement: = 0)”. Apesar de isso ser considerado uma ocorrência de não conformidade com os critérios desta regra, a configuração dela estabelece que apenas os componentes

(edificações) não conflitantes – ou seja, que passem na verificação – serão verificados pela outra regra.

Figura 33 – Mangueira de incêndio do modelo da edificação em conformidade com o Artigo 10°.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

4.2.8 Artigo 11° – Distância máxima a percorrer até os extintores sobre rodas

Este artigo define que a distância máxima de caminhada para alcançar os extintores sobre rodas é 30m, independente do risco de incêndio da edificação.

Esta exigência, que tem parâmetros objetivos, pode ser verificada da mesma forma que verificação de caminhada do Artigo 7°. Desta forma, deve ser traçada as rotas de caminhada partindo dos pontos mais afastados dos extintores sobre rodas dentro da edificação, e terminando no ponto onde os extintores estiverem instalados.

Para esta pesquisa, as rotas de caminhada para verificação dos Artigos 7° e 11° foram modeladas utilizando vigas, mas podem ser usados outros tipos de componentes que tiverem a informação do comprimento atrelada a eles, como por exemplo, tubulações de água.

Então, o modelo é carregado no software de checagem Solibri, e são medidas os comprimentos das rotas de caminhada. Isto é feito através da funcionalidade de extração

de informações, somando os comprimentos das vigas pertencentes a cada rota. Então, é verificado se o comprimento total de cada percurso é menor que 30m.

O procedimento mais detalhado se encontra na subseção 4.2.4.

4.2.9 Artigo 13º – Acessibilidade até os extintores sobre rodas

De acordo com a IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores) (CBMSC, 2018b, p. 5):

Art. 13. Os extintores sobre rodas devem acessar qualquer parte da área a ser protegida, sem impedimento de portas, soleiras, degraus, materiais, equipamentos ou outras obstruções, não protegendo pavimentos diferentes de sua instalação.

Apesar de este artigo estar parametrizado objetivamente, não foi possível verificá-lo, já que não há modelos de regras existentes que analisem a acessibilidade até objetos.

O que seria possível verificar é se, nos casos que são necessários a proteção por extintores de incêndio sobre rodas, todos os espaços que representam aposentos da edificação possuem ou não um extintor de incêndio sobre rodas. Porém, nesta verificação poderiam ser omitidas as inconformidades devido aos impedimentos causados por materiais, equipamentos ou outras obstruções, como consta no artigo.

4.2.10 Artigo 14º – Capacidades extintoras mínimas de unidades extintoras sobre rodas

Este artigo define quais são as capacidades extintoras mínimas, para cada tipo de agente extintor, que os extintores sobre rodas devem ter para que sejam considerados como unidades extintoras. Estas capacidades estão expostas no artigo através de um quadro, semelhante ao Quadro 8 a seguir.

Quadro 8 – Capacidade extintora mínima para extintores sobre rodas serem considerados como uma unidade extintora

| Água | Espuma | CO2 | Pó BC | Pó ABC |
|------|----------|--------|--------|------------|
| 10-A | 6-A:40-B | 10-B:C | 80-B:C | 6-4:80-B:C |

Fonte: CBMSC (2018b)

No entanto, as considerações relacionadas a extintores sobre rodas da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores) não exigem que sejam instaladas unidades extintoras sobre rodas, mas sim extintores sobre rodas.

4.2.11 Artigo 15º – Localização dos extintores

Este artigo trata de exigências relacionadas à localização dos extintores, e está descrito da seguinte maneira (CBMSC, 2018b, p. 5):

Art. 15. Os extintores de incêndio devem estar localizados:

I – na circulação e em área comum;

II – onde a probabilidade do fogo bloquear o acesso do extintor seja a menor possível; e

III – onde possuir boa visibilidade e acesso desimpedido.

No entanto apenas o primeiro item do artigo pode ser verificado automaticamente por regras, já que os outros dois possuem uma interpretação subjetiva, ou seja, sem parâmetros objetivos, que são necessários para a checagem por regras.

A verificação do primeiro item, que exige a locação dos extintores de incêndio em circulação e em área comum, está descrita nas próximas subseções.

4.2.11.1 Desenvolvimento das regras de verificação

A solução pensada para checar esta exigência da localização dos extintores foi verificar se existe algum extintor dentro de um espaço que não seja circulação ou de área comum. Para isto, foi utilizada o modelo de regra SOL 1, que checa interseções entre componentes. A Figura 34 a seguir mostra os parâmetros e informações da regra desenvolvida.

Figura 34 – Parâmetros e informações da regra de checagem da localização dos extintores de incêndio em circulação ou área comum.

PARAMETERS Revert Changes Severity Parameters

Components to Be Checked

Component 1

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|------------|----------|--|
| Include | Any | Extintores | One Of | [Extintores portáteis, Extintores ...] |

Component 2

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|----------------|----------|-----------------------------------|
| Include | Space | | | |
| Exclude | Space | NBR_15965-6.4A | One Of | [15 13 21, 1 1 3, 15 0 0, 15 ...] |
| Exclude | Space | Name | One Of | [Área bruta] |

Include Intersections

☐ Duplicate Exceptions

☒ Inside

☒ Overlapping

Intersection Tolerances

Horizontal: 1 mm

Vertical: 1 mm

Use Volume Tolerance: ☐

Volume Tolerance: 1 l

Ignore Intersections When Intersecting Components Are

☐ In the same system

☐ In the same layer and model

INFO

Name: Art.15.I - Extintores devem estar localizados em circulação ou área comum

Description: Edit
This rule checks intersections of components. The user can configure what components this rule is checking, and how.

Author: Solibri, Inc.

Version: 5.0

Date: 2014-09-18

Support Tag: SOL/I/5.0

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Como pode se observar na Figura 34, a regra funciona através da especificação dos componentes que se quer checar se há intersecção. Os componentes são determinados através de filtro de componentes. No campo “*Component 1*” estão definidos todos os extintores de incêndio, através das categorias “Extintores portáteis” e “Extintores sobre rodas” da classificação “Extintores”, explicada na subseção 4.2.1.1. Enquanto que no campo “*Component 2*” estão incluídos todos os espaços do modelo, e excluídos os espaços que para a propriedade “4A” do *property set* “NBR_15965-6” o valor seja “1 1 3”, “15 0 0”, “15 11 0”, “15 11 11”, “15 11 13”, “15 11 15”, “15 11 17”, “15 11 19”, “15 13 0”, “15 13 11”, “15 13 13”, “15 13 15”, “15 13 19” ou “15 13 21”. Estes valores são, respectivamente, os códigos dos componentes “Área de uso comum”, “Espaços para circulação”, “Espaços de Circulação Primária”, “Corredor”, “Espaço de Circulação”, “Mall”, “Saguão”, “Passagem”, “Espaços de Circulação Transitória”, “Portal de Entrada”, “Portal de Entrada”, “Hall de Entrada”,

“Recepção”, “Hall do Elevador” e “Hall do Elevador de Carga” da tabela 4A³ (Espaços pela função) do sistema de classificação da informação da construção proposto na parte 6 da NBR 15965. Além disso, também são excluídos no filtro de componentes outros espaços que não representarem algum compartimento do edifício, como por exemplo, o espaço que representa a área bruta do pavimento.

Desta forma, a regra irá acusar quando houver intersecção física entre algum extintor e algum espaço que represente um compartimento da edificação, com exceção aos espaços de circulação e área comum.

As opções “*Inside*” e “*Overlapping*” do campo “*Include Intersection*” – que querem dizer, nesta mesma ordem, “Dentro”, “Sobreposição” e “Incluir interseções” – garantem que serão apontadas interseções de componentes que estiverem um dentro do outro, ou que estiverem apenas se sobrepondo.

As diretrizes de modelagem para um funcionamento satisfatório da verificação são:

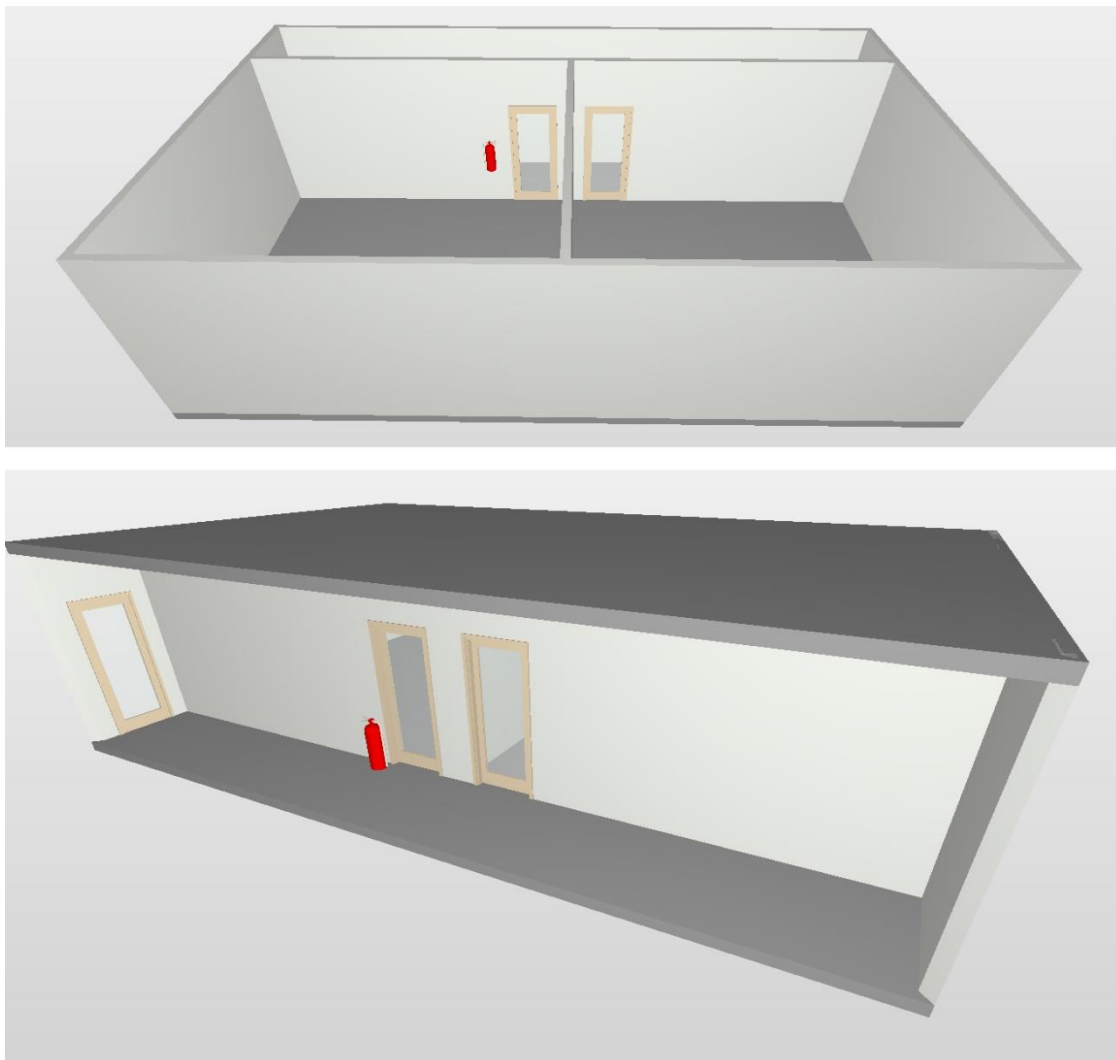
- a) Atribuir o código do tipo de extintor de incêndio (portátil ou sobre rodas) de acordo a tabela 3C da NBR 15965-4 (Sistema de classificação da informação da construção), para incluir os extintores na classificação “Extintores”, explicada na subseção 4.2.1.1;
- b) Criar espaços para todos os compartimentos da edificação e atribuir o código da função destes espaços, de acordo com a tabela 4A do sistema de classificação da informação da construção exposto na NBR 15965, àqueles que representarem compartimentos de circulação ou área comum;

4.2.11.2 Resultados da verificação

O modelo BIM concebido para testar esta verificação é de uma edificação que possui duas salas, um corredor, e dois extintores, um deles instalado no corredor e o outro em uma das salas. Desta forma, o extintor na sala não atende a exigência do Artigo 15°. A Figura 35 a seguir exhibe este modelo por dois pontos de vista diferentes.

³ A parte 6 da norma, que é a qual a tabela 4A está inserida, ainda não foi publicada. Então, para o desenvolvimento desta parte da pesquisa, a comissão responsável pela elaboração da norma concedeu acesso à planilha em que está sendo elaborada a tabela 4A.

Figura 35 – Modelo de edificação para teste da verificação da regra que checa se os extintores de incêndio estão instalados em circulação ou área comum.

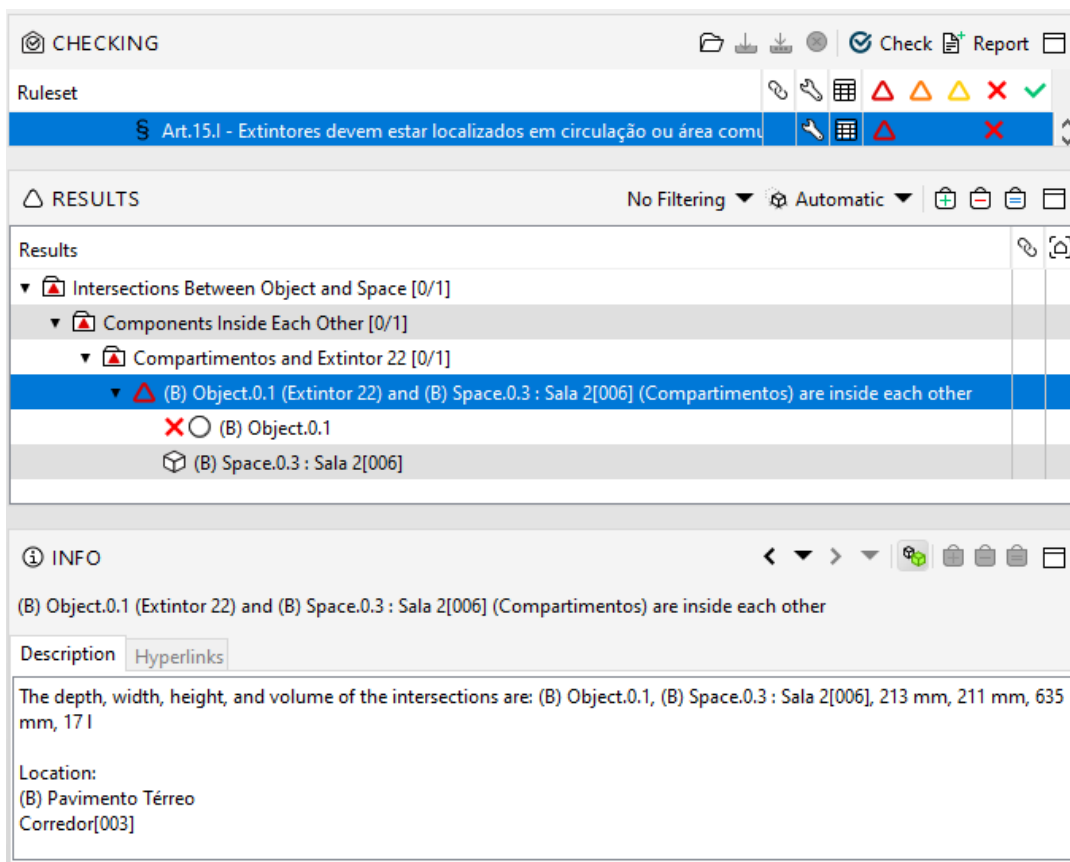


Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Conforme pode ser visto na Figura 35, para melhorar a visualização dos extintores foi desligada a visualização da laje de cobertura na imagem de cima, enquanto que na imagem de baixo foi ocultada a parede externa onde um dos extintores está instalado.

Após a rodagem da regra, a inconformidade foi corretamente apontada, conforme a Figura 36 a seguir.

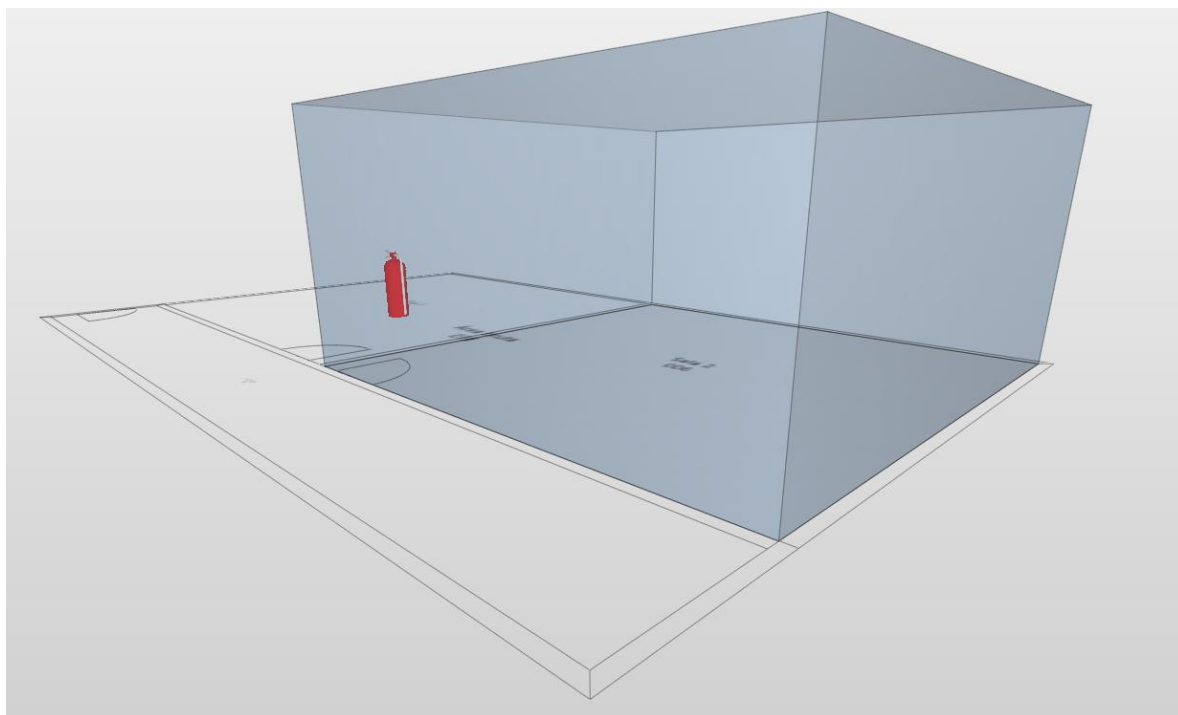
Figura 36 – Ocorrência de inconformidade devido à não atribuição da propriedade de cor ao extintor.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Observa-se que são indicados os componentes do modelo que se interseccionam, assim como as distâncias de profundidade, largura, altura e volume de interseção, através da mensagem “*The depth, width, height, and volume of the intersections are: (B) Object.0.1, (B) Space.0.3 : Sala 2[006], 213 mm, 211 mm, 635 mm, 17 l*” encontrada na janela de informações. Estes componentes podem ser visualizados na Figura 37 a seguir.

Figura 37 – Componentes do modelo envolvidos na inconformidade devido ao primeiro pavimento não possuir a quantidade mínima de unidades extintoras.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

4.2.12 Artigo 16º.I – Localização de materiais acima e abaixo de extintores de incêndio

Como este artigo possui dois itens que demandam verificações diferentes, optou-se por dividi-lo em duas subseções diferentes.

O primeiro item está descrito desta forma, segundo CBMSC (2018b, p. 5):

Art. 16. É proibido:

I – o depósito de materiais abaixo ou acima dos extintores;

Vale destacar que esta verificação só analisa ocorrências de depósitos de materiais abaixo ou acima dos extintores previstas em projetos. Desta forma, a abordagem do item relacionada à ocorrência da inconformidade na edificação já em funcionamento não pode ser verificada por verificação automática de regras, mas apenas por meio de vistoria.

4.2.12.1 Desenvolvimento das regras de verificação

Para a verificação do item I deste artigo, foi utilizada a SOL 222, utilizada para checar a distância entre componentes. Com este modelo de regra, foram desenvolvidas duas

regras, uma para checar se há componentes abaixo dos extintores de incêndio, e a outra para identificar se existem componentes acima dos extintores. As Figura 38 e Figura 39 a seguir mostram os parâmetros e informações destas regras criadas.

Figura 38 – Parâmetros e informações da regra de checagem da presença de materiais acima dos extintores.

PARAMETERS

Distance Calculation

Checked Distance to Target Component

Directly Above

Component Surfaces

Top to Bottom

☐ Allowed Maximum Distance

0 mm

☒ Required Minimum Distance

100.00 m

Space or Space Group Containment

Space or Space Group Containment

Space

Space Group Type

Source Component

Source Components to be Checked

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|------------|----------|--|
| Include | Any | Extintores | One Of | [Extintores portáteis, Extintores sobre rodas] |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Target Component

Target Components to be Checked

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|----------|----------|-------|
| Include | Any | | | |
| Exclude | Slab | | | |
| Exclude | Roof | | | |
| Exclude | Space | | | |
| Exclude | Beam | | | |
| Exclude | Plate | | | |

Minimum Number

2

INFO

Name

Art.16.I - Área livre acima do extintor

Description

Edit

This rule checks components distance between each other.

Author

Solibri, Inc.

Version

4.0

Date

2017-03-22

Support Tag

SOL/222/4.0

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Figura 39 – Parâmetros e informações da regra de checagem da presença de materiais abaixo dos extintores.

The screenshot displays the 'PARAMETERS' window of the SMC software, divided into two main sections: 'Distance Calculation' and 'Space or Space Group Containment'.

Distance Calculation:

- Checked Distance to Target Component:** Set to 'Directly Below'.
- Component Surfaces:** Set to 'Bottom To Top'.
- Allowed Maximum Distance:** 0 mm.
- Required Minimum Distance:** 100.00 m.

Space or Space Group Containment:

- Space or Space Group Containment:** Set to 'Space'.
- Space Group Type:** Empty list.

Source Component:

Source Components to be Checked

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|------------|----------|--|
| Include | Any | Extintores | One Of | [Extintores portáteis, Extintores sobre rodas] |

Target Component:

Target Components to be Checked

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|----------|----------|-------|
| Include | Any | | | |
| Exclude | Slab | | | |
| Exclude | Space | | | |
| Exclude | Beam | | | |
| Exclude | Plate | | | |

Minimum Number: 2

INFO

Name: Art.16.I - Área livre abaixo do extintor

Description: Edit
This rule checks components distance between each other.

Author: Solibri, Inc.

Version: 4.0

Date: 2017-03-22

Support Tag: SOL/222/4.0

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Este modelo de regra funciona através da especificação dos componentes de origem a serem checados e dos componentes alvos nos campos “*Source Components to be Checked*” e “*Target Component*”, que os determinam através de filtragem de componentes. Como se pode observar nas Figura 38 e Figura 39, os componentes a serem checados são todos os extintores, determinados através da classificação “Extintores”, explicada na subseção 4.2.1.1. Já os componentes alvo, que devem representar os “materiais” considerados pelo item I Artigo 16º, foram especificados como todos os componentes do modelo, com exceção aos componentes do tipo laje, espaço, viga, cobertura, forro suspenso e placa. Desta forma, serão buscados elementos que não precisam estar essencialmente abaixo ou acima dos extintores, como móveis, eletrodomésticos, luminárias, e todos os outros elementos que não sejam lajes, espaços, vigas, coberturas e placas. Nesta aplicação, as placas de sinalização dos extintores são representadas por componentes do tipo placa, mas caso não forem contempladas desta

forma, a regra deve ser adaptada para que estes elementos sejam considerados como exceção dos componentes alvo.

Nas configurações da regra de checagem de materiais acima dos extintores, expostas na Figura 38, está selecionada a opção “*Directly Above*”, ou “Diretamente Acima”, no campo “*Checked Distance to Target Component*”, que quer dizer “Distância Checada até o Componente Alvo”. Já para a regra que verifica a presença de materiais abaixo dos extintores, está selecionada a opção “*Directly Below*”, que tem o sentido de “Diretamente Abaixo”, como pode ser observado na Figura 39. Estas opções garantem que a direção da verificação das distâncias entre componentes seja apenas vertical, considerando apenas a projeção dos componentes para cima ou para baixo.

No campo “*Component Surfaces*”, ou “Superfícies dos Componentes, estão selecionadas as opções “*Top to Bottom*” (para a regra que busca componentes acima dos extintores) e “*Bottom To Top*” (para a regra de checagem de componentes abaixo dos extintores). Neste caso, estas expressões querem dizer, respectivamente, “Do Topo Até a Base” e “Da Base Até o Topo”. Estas opções conferem que sejam analisadas as menores distâncias entre os componentes.

No entanto, como a distância mínima de afastamento dos materiais até os extintores não é especificada pela IN, foi considerado que não pode haver nenhum material entre os extintores e a laje e entre os extintores e o piso. Assim, foram definidas distâncias mínimas consideravelmente altas, para garantir a abrangência de todo o espaço entre os extintores e as lajes e pisos. O valor adotado foi de 100m, inserido na opção “*Required Minimum Distance*”, que significa “Distância Mínima Exigida”, para as duas regras, como pode se observar nas Figura 38 e Figura 39.

E para garantir que a verificação da distância entre componentes se limite aos componentes que estiverem no mesmo espaço, foi marcada a opção “*Space*”, ou “Espaço”, no campo “*Space os Space Group Containment*”, que quer dizer “Contenção em Espaço ou Grupo de Espaços”. Desta forma, só será checado se existem componentes acima ou abaixo de extintores se estes componentes estiverem no mesmo espaço dos extintores, logo, no mesmo pavimento.

As diretrizes de modelagem para o funcionamento correto da verificação estão descritas a seguir:

- a) Atribuir o código referente ao tipo de extintor de incêndio (portátil ou sobre rodas), de acordo a tabela 3R do sistema de classificação da informação da construção proposto pela NBR_15965-4, a todos os extintores de incêndio,

para estes sejam considerados na classificação “Extintores”, explicada na subseção 4.2.1.1;

- b) Modelar as sinalizações dos extintores com o componente do tipo Placa. Caso for utilizada outra forma de representação, a regra de checagem deve ser adaptada para que as sinalizações sejam consideradas como exceções nos componentes alvos de comparação.
- c) Modelar espaços para todos os compartimentos da edificação e garantir que não haja nenhum espaço que englobe mais de um pavimento.

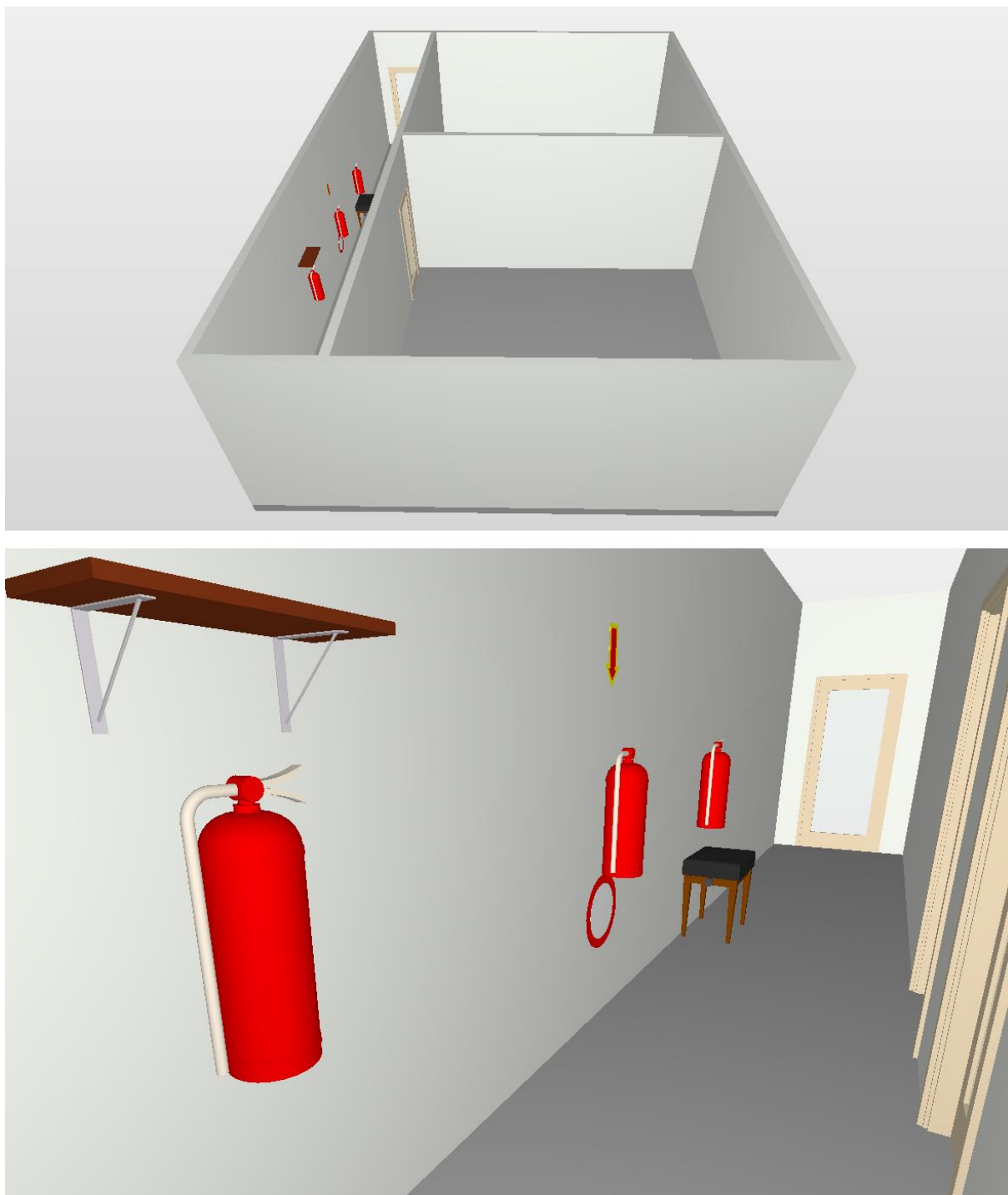
4.2.12.2 Resultados da verificação

Para testar o funcionamento da verificação destas regras foi concebido um modelo de uma edificação, que possui duas salas, um corredor e três extintores instalados no corredor. Destes extintores, dois deles não estão de acordo com a exigência do item I do Artigo 16º, já que existe um banco abaixo de um deles e uma prateleira acima do outro. O outro extintor apenas possui acima e abaixo dele as sinalizações para extintores e, já que as sinalizações foram modeladas como placas, este caso não deve ser acusado como uma discordância.

Além disso, o modelo seguiu as diretrizes indicadas no final da subseção 4.2.12.1, ou seja: foram atribuídos os códigos de classificação aos extintores; as sinalizações foram modeladas com componentes do tipo placa; e foram criados espaços para todos os compartimentos, sem espaços englobando outros pavimentos.

A Figura 40 a seguir mostra o modelo BIM de teste.

Figura 40 – Modelo de edificação para teste da verificação da regra que checa se os há depósito de materiais acima e abaixo dos extintores de incêndio.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Para melhor entendimento e visualização da edificação e dos extintores de incêndio, foram feitas estas duas capturas do modo de visualização de modelos do SMC. Em uma delas, é mostrado o interior do edifício, com a laje de cobertura ocultada. Na outra captura, são exibidos os extintores, além dos componentes abaixo e acima deles.

Após a execução da verificação da regra, o software detectou as inconformidades corretas. As Figura 41 e Figura 42 a seguir mostram os resultados e os elementos envolvidos na checagem da regra de depósito de materiais acima de extintores.

Figura 41 – Ocorrência de inconformidade devido à localização de objetos acima do extintor de incêndio.

The screenshot displays the SMC software interface during a checking process. The top section, titled 'CHECKING', shows a 'Ruleset' table with two entries: 'Art.16.I - Área livre acima do extintor' and 'Art.16.I - Área livre abaixo do extintor'. The first entry is highlighted in blue and has a yellow triangle icon in the status column. Below this is the 'RESULTS' section, which shows a tree view of the results. The tree is expanded to show 'Object.0.8' under 'Components too close [0/1]'. The 'Object.0.8' entry is highlighted in blue. Below the tree is the 'INFO' section, which provides details about the violation. The 'Description' tab is selected, showing the text: 'There are 1 component(s) in "Pavimento Térreo" too close to "Object.0.8". The minimum distance is 100.00 m. - Object.0.7 Distance: 265 mm'. The 'Location' is listed as 'Pavimento Térreo Corredor[003]'.

| Ruleset | Status |
|--|-----------------|
| Art.16.I - Área livre acima do extintor | Yellow Triangle |
| Art.16.I - Área livre abaixo do extintor | Yellow Triangle |

RESULTS

- Pavimento Térreo [0/1]
 - Components too close [0/1]
 - Object.0.8**
 - Object.0.7
 - Object.0.8
 - Related Components

INFO

Object.0.8

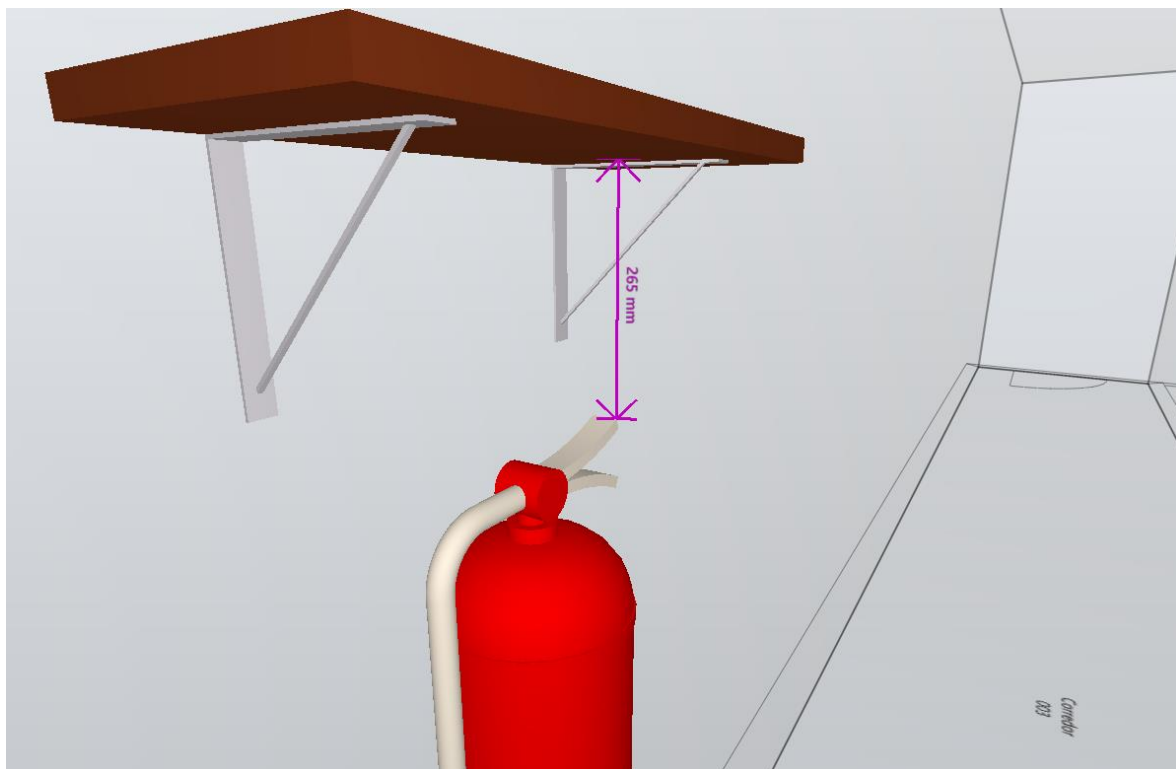
Description Hyperlinks

There are 1 component(s) in "Pavimento Térreo" too close to "Object.0.8". The minimum distance is 100.00 m. - Object.0.7 Distance: 265 mm

Location:
Pavimento Térreo
Corredor[003]

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Figura 42 – Componentes envolvidos na ocorrência da inconformidade devido à localização de objetos acima do extintor de incêndio.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Como está mostrado na Figura 41, foi dada a mensagem “*There 1 component(s) in "Pavimento Térreo" too close to "Object.0.8". The minimum distance is 100.00 m. - Object.0.7 Distance: 265 mm*”, que notifica que há um componente no pavimento térreo que está muito perto de um extintor de incêndio (*Object.0.8*), e que a distância entre os componentes, que é de 265mm, desrespeita a distância mínima de 100m. Ao clicar sobre a ocorrência na janela de resultados, os componentes envolvidos no conflito da regra são mostrados na janela de visualização 3D, além de ser gerada automaticamente uma cota com a distância entre os elementos, como é exibido na Figura 42.

As Figura 43 e Figura 44 a seguir exibem os resultados e os elementos envolvidos na checagem da regra de depósito de materiais abaixo de extintores.

Figura 43 – Ocorrência de inconformidade devido à localização de objetos abaixo do extintor de incêndio.

CHECKING

Ruleset

| Ruleset | Check | Report |
|--|-------|--------|
| § Art.16.I - Área livre acima do extintor | △ | |
| § Art.16.I - Área livre abaixo do extintor | △ | |

RESULTS

No Filtering Automatic

Results

- ▼ Pavimento Térreo [0/1]
 - ▼ Components too close [0/1]
 - ▼ Object.0.1
 - Furniture.0.1
 - Object.0.1
 - ▶ Related Components

INFO

Object.0.1

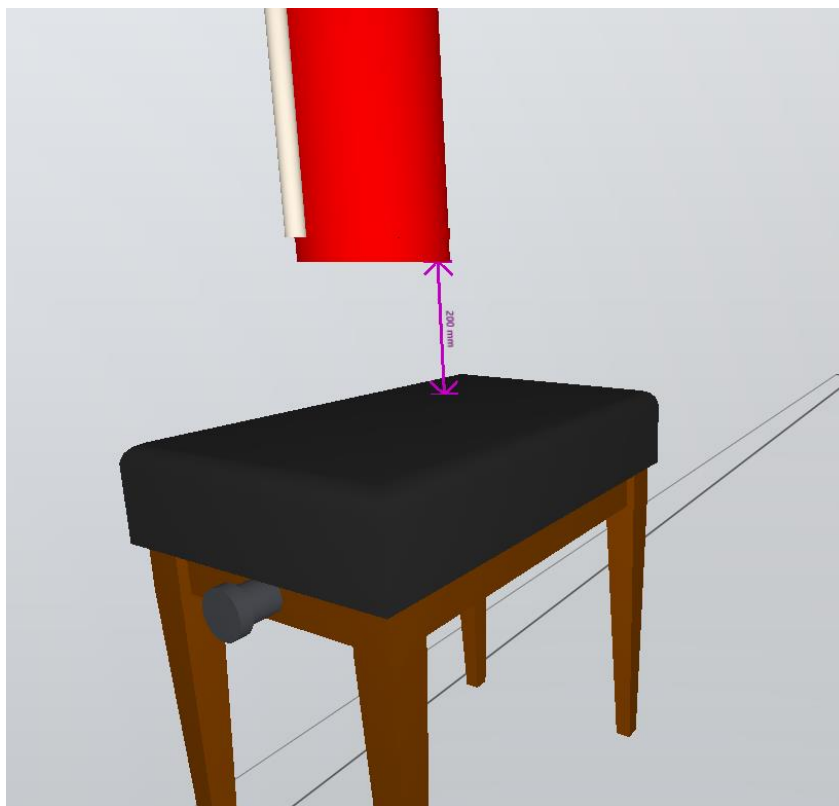
Description Hyperlinks

There are 1 component(s) in "Pavimento Térreo" too close to "Object.0.1". The minimum distance is 100.00 m. - Furniture.0.1 Distance: 200 mm

Location:
Pavimento Térreo
Corredor[003]

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Figura 44 – Componentes envolvidos na ocorrência da inconformidade devido à localização de objetos abaixo do extintor de incêndio.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

De forma semelhante à verificação de área livre acima dos extintores, na Figura 43 pode-se observar que o software indicou que o banco (*Furniture.0.1*) está a 200mm do extintor de incêndio (*Object.0.1*), que é mais próximo do que o mínimo permitido de 100m. Estes elementos e distância vertical entre eles estão expostos na Figura 44.

4.2.13 Artigo 16º.II – Proibição de instalação de extintores em escadas, rampas, antecâmaras e seus patamares

O segundo item do Artigo 16º da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores) proíbe que os extintores sejam colocados em escadas, rampas, antecâmaras e em seus patamares. Esta exigência está parametrizada objetivamente, e tem a sua verificação exposta nas subseções a seguir.

4.2.13.1 Desenvolvimento das regras de verificação

Para verificar esta exigência, foi pensada em uma solução envolvendo a detecção de interseção física de extintores de incêndio com espaços que representam os compartimentos de antecâmara, escadas e rampas. Para isso, foi criada uma regra com o modelo SOL1, que checa interseções entre componentes.

A Figura 45 a seguir mostra as configurações da regra de checagem do item II Artigo 16°.

Figura 45 – Parâmetros e informações da regra de checagem da colocação de extintores em escadas, rampas, antecâmaras e seus patamares.

PARAMETERS

Components to Be Checked

Component 1

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|------------|----------|--|
| Include | Any | Extintores | One Of | [Extintores portáteis, Extintores sobre rodas] |

Component 2

| State | Compo... | Property | Opera... | Value |
|---------|----------|----------------|----------|---|
| Include | Space | NBR_15965-6.4A | One Of | [13 11 15, 13 11 11, 13 11 11 21, 13 11 11 23, 13...] |

Include Intersections

☐ Duplicate

☒ Inside

☒ Overlapping

Intersection Tolerances

Horizontal: 1 mm

Vertical: 1 mm

Use Volume Tolerance: ☐

Volume Tolerance: 1 l

Ignore Intersections When Intersecting Components Are

☐ In the same system

☐ In the same layer and model

INFO

Name: Art.16.II - Proibido colocar extintores em escadas, rampas e antecâmaras

Description: Edit

This rule checks intersections of components. The user can configure what components this rule is checking, and how.

Author: Solibri, Inc.

Version: 5.0

Date: 2014-09-18

Support Tag: SOL/1/5.0

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

De forma semelhante à verificação do Artigo 15°, nos parâmetros da regra exposta na Figura 45 são informados os tipos de componentes que se deseja verificar interseções, que são os extintores de incêndio e os espaços de “Escada”, “Escada de Emergência”, “Escada de Uso Comum”, “Escadaria Monumental”, “Rampa”, “Antecâmara”, conforme definido na tabela 4A⁴ (Espaços pela função) da parte 6 da NBR 15965 (Sistema de classificação da informação

⁴ A parte 6 da norma, que é a qual a tabela 4A está inserida, ainda não foi publicada. Então, para o desenvolvimento desta parte da pesquisa, a comissão responsável pela elaboração da norma concedeu acesso à planilha em que está sendo elaborada a tabela 4A.

da construção), representados pelos códigos “13 11 11”, “13 11 11 21” , “13 11 11 23” , “13 11 13” , “13 11 15” , “15 13 25”.

As diretrizes de modelagem para um funcionamento satisfatório da verificação são:

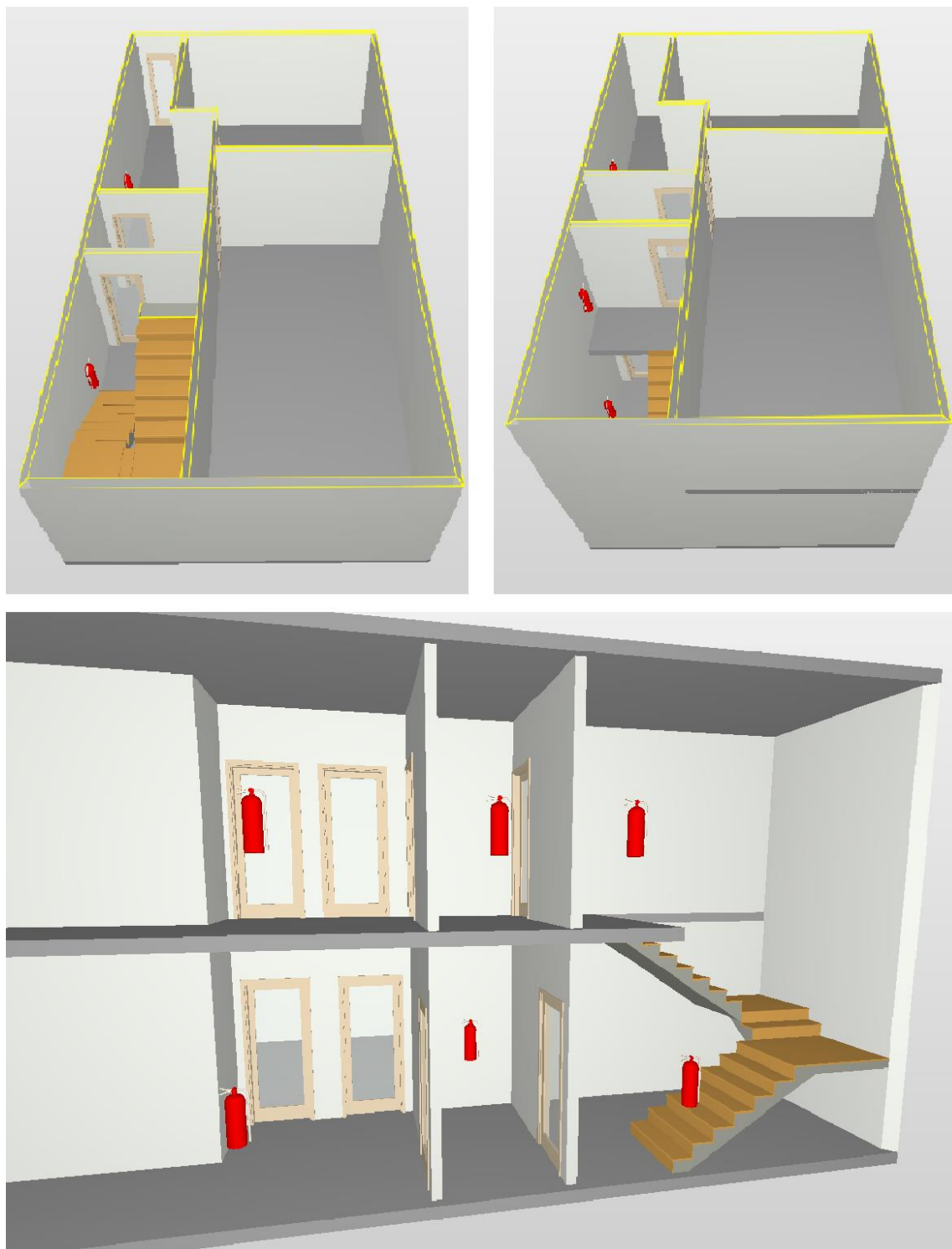
- a) Atribuir os códigos de classificação da NBR 15965-4 (Sistema de classificação da informação da construção) aos extintores de incêndio para incluir estes elementos na classificação “Extintores”, explicada na subseção 4.2.1.1;
- b) Criar espaços para todos os compartimentos das antecâmaras, e para os compartimentos onde estão localizadas as escadas e rampas, além de atribuir os códigos de classificação a estes espaços de acordo com a tabela 4A (Espaços pela função) da NBR 15965-6 (Sistema de classificação da informação da construção).

4.2.13.2 Resultados da verificação

Para testar a checagem do item II do Artigo 16º foi elaborado um modelo de uma edificação de dois pavimentos, com duas salas, um corredor e uma antecâmara em cada pavimentos, além de uma escada ligando os dois pavimentos. No modelo, estão instalados seis extintores de incêndio, um no corredor do térreo, um na antecâmara do térreo, dois na escada, um na antecâmara do primeiro pavimento e um no corredor do primeiro pavimento. Desta forma, quatro extintores estão em locais indevidos, que são os da escada e das antecâmaras, que devem ser apontados como em desacordo com a regra de checagem.

A Figura 46 a seguir expõe imagens instantâneas do modelo de teste desta checagem, obtidas através do modo de visualização de modelos do Solibri.

Figura 46 – Modelo de edificação para teste da verificação da colocação de extintores em escadas, rampas, antecâmaras e seus patamares.



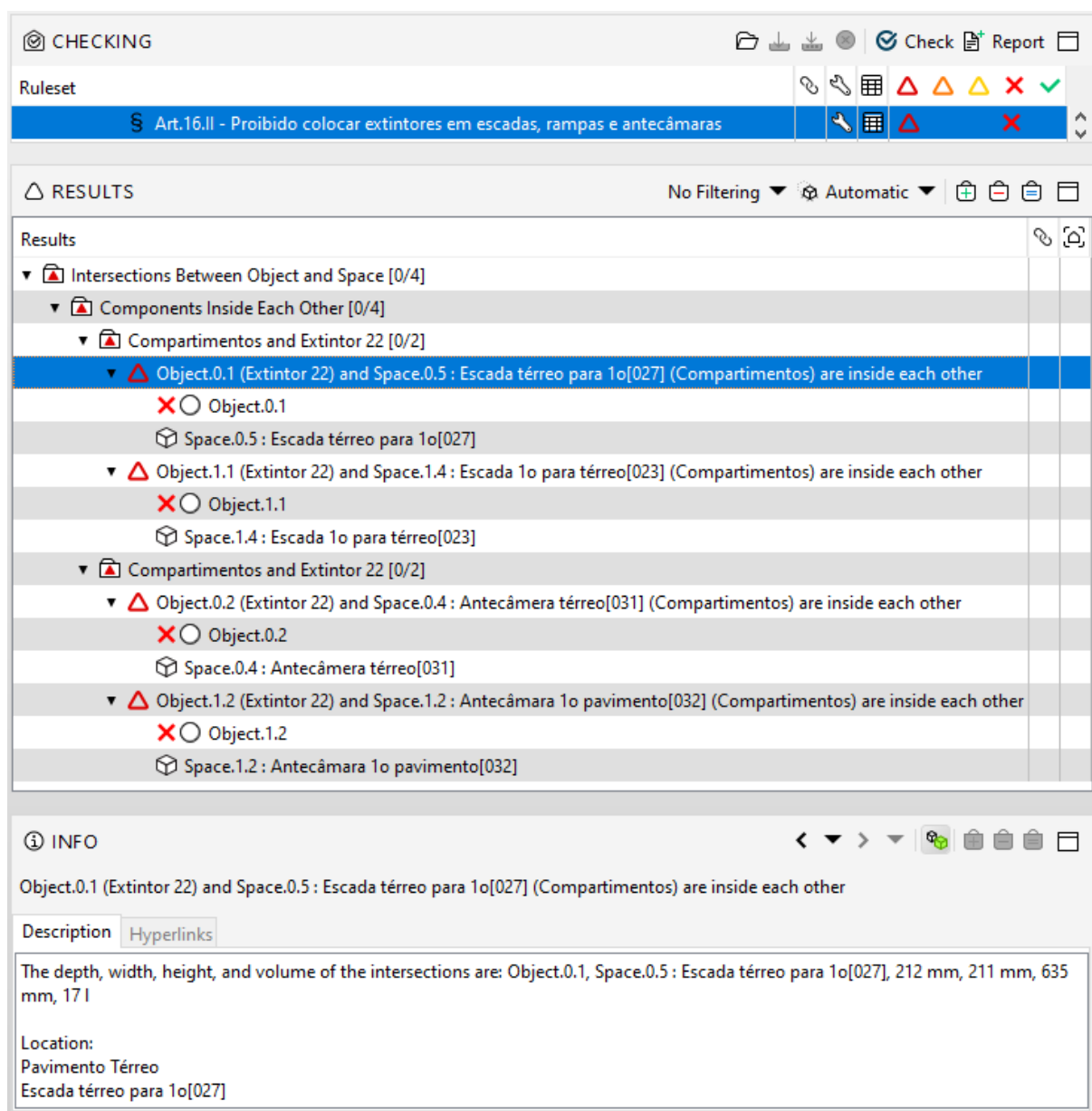
Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

As duas imagens de cima da Figura 46 mostram a parte interior do térreo e do primeiro pavimento, através da ferramenta de corte do SMC. Já a imagem debaixo mostra

uma visão frontal do edifício, com as paredes externas ocultas para possibilitar a visualização dos extintores de incêndio que estão instalados nessa parede.

Após a rodagem da regra, as inconformidades foram corretamente apontadas, conforme mostra a Figura 47 a seguir.

Figura 47 – Ocorrência de inconformidade devido à localização de extintores na escada e nas antecâmaras.



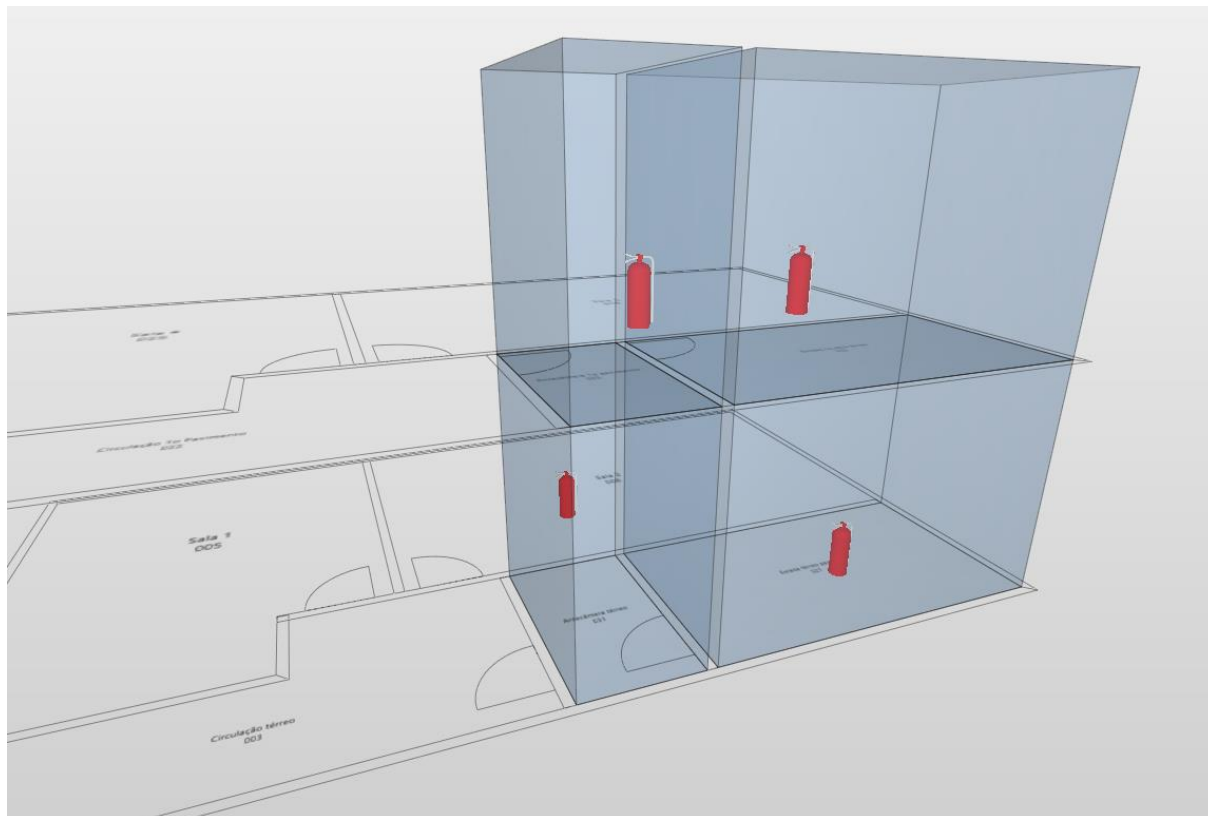
Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Nota-se na Figura 47 que na janela de resultados são informadas todas as ocorrências de inconformidades, informando os objetos envolvidos nas interseções físicas. A inconformidade selecionada informa que um dos extintores de incêndio, representado pelo componente “Object.0.1” está dentro do espaço da escada chamado de “Space.0.5”. Na janela

de informações, as ocorrências são mais detalhadas, informando inclusive as profundidades, largura, altura e volume das interseções dos componentes.

A Figura 48 a seguir mostra todos os extintores e espaços verificados na regra.

Figura 48 – Componentes do modelo envolvidos na inconformidade da colocação de extintores em escadas, rampas, antecâmaras e seus patamares.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

4.2.14 Artigo 17º – Altura máxima dos extintores em relação ao piso

Como consta na IN 006 (Sistema Preventivo por extintores) (CBMSC, 2018, p.5):

Art. 17. Os extintores portáteis devem ser instalados de maneira que sua alça de transporte esteja, no máximo, 1,60 m acima do piso acabado.

Parágrafo único. Os extintores portáteis, quando locados sobre o piso, devem estar em suporte adequado para o piso.

Como a exigência da altura está parametrizada objetivamente, a verificação deste requisito foi possível e está descrita nas subseções seguintes.

Já o que consta no parágrafo único não foi possível se verificar. O motivo é que é necessário que já tenha uma altura máxima definida para considerar que o extintor está locado

sobre o piso. Caso o extintor estivesse abaixo desta altura, seria averiguado se existe um suporte adequado logo abaixo do extintor. Porém, não há parâmetros para definir um valor adequado para esta altura. Além disso, o termo “adequado” usado para caracterizar o suporte para o piso é um parâmetro objetivo, desta forma, não seria possível verificar por regras automáticas que se o suporte é adequado ou não.

4.2.14.1 Desenvolvimento das regras de verificação

Para verificar a exigência de altura do Artigo 17º, foi desenvolvida uma regra utilizando o modelo SOL 222, que checa as distâncias entre componentes, e é o modelo usado também para verificar o atendimento ao item I do Artigo 16º, descrito na subseção 4.2.12. A regra criada avalia se a distância entre o ponto superior do extintor e o ponto superior da laje do pavimento é menor ou igual a 1,60m, acusando como inconformidade caso for maior.

É importante citar que a distância deve ser medida entre a alça de transporte do extintor e o ponto mais alto do piso acabado. Como não é possível verificar a partir da alça de transporte do extintor, optou-se por usar o ponto mais alto do extintor, o que está a favor da segurança, já que a alça nunca estará acima deste ponto. Em relação ao piso acabado, é uma prática comum modelar o piso usando o componente laje, e por isso a regra de verificação usa este tipo de componente como referencial para medir a altura dos extintores.

A Figura 49 a seguir mostra as configurações da regra de checagem do Artigo 17º.

Figura 49 – Parâmetros e informações da regra de checagem da altura dos extintores em relação ao piso acabado.

The screenshot displays the 'PARAMETERS' window of the SMC software, divided into two main sections: 'Distance Calculation' and 'Space or Space Group Containment'.

Distance Calculation:

- Checked Distance to Target Component:** Set to 'Directly Below'.
- Component Surfaces:** Set to 'Top To Top'.
- Distance Options:**
 - ☒ Allowed Maximum Distance: 1.60 m
 - ☐ Required Minimum Distance: 1.60 m

Space or Space Group Containment:

- Space or Space Group Containment:** Set to 'Ignore Space or Space Group'.
- Space Group Type:** A list box with several empty entries.

Source Component:

Source Components to be Checked

| State | Compone... | Property | Operator | Value |
|---------|------------|------------|----------|---|
| Include | Any | Extintores | One Of | [Extintores portáteis, Extintores so... |

Target Component:

Target Components to be Checked

| State | Component | Property | Operator | Value |
|---------|-----------|----------|----------|-------|
| Include | Slab | | | |

Minimum Number: 1

INFO:

Name: Art.17 - Altura máxima em relação ao piso acabado

Description: This rule checks components distance between each other.

Author: Solibri, Inc.

Version: 4.0

Date: 2017-03-22

Support Tag: SOL/222/4.0

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Como se pode ver na Figura 45, a regra analisa se todos os pontos superiores dos extintores de incêndio (especificados como componentes de origem) estão a, no máximo, 1,60m da superfície superior da laje (determinada componente alvo). Isto se deve a escolha de das opções “*Directly Below*”, ou “Diretamente Abaixo”, e “*Top To Top*”, que quer dizer “Topo Até o Topo”, e pela especificação da medida 1,60m no campo “*Allowed Maximum Distance*”, que significa “Distância Máxima Permitida”. Caso existam duas ou mais lajes modeladas uma em cima da outra, representando, por exemplo, a laje de concreto e o revestimento do piso, o software considerará a laje mais acima.

A opção selecionada “*Ignore Space or Space Group*”, que significa “Ignorar Espaço ou Grupo de Espaços”, faz com que os componentes que se comparam as distâncias não se limitem aos componentes que estejam no mesmo espaço. Esta opção é importante, já que as lajes e os extintores geralmente não se encontram nos mesmos espaços.

A única diretriz de modelagem para um funcionamento satisfatório da verificação é:

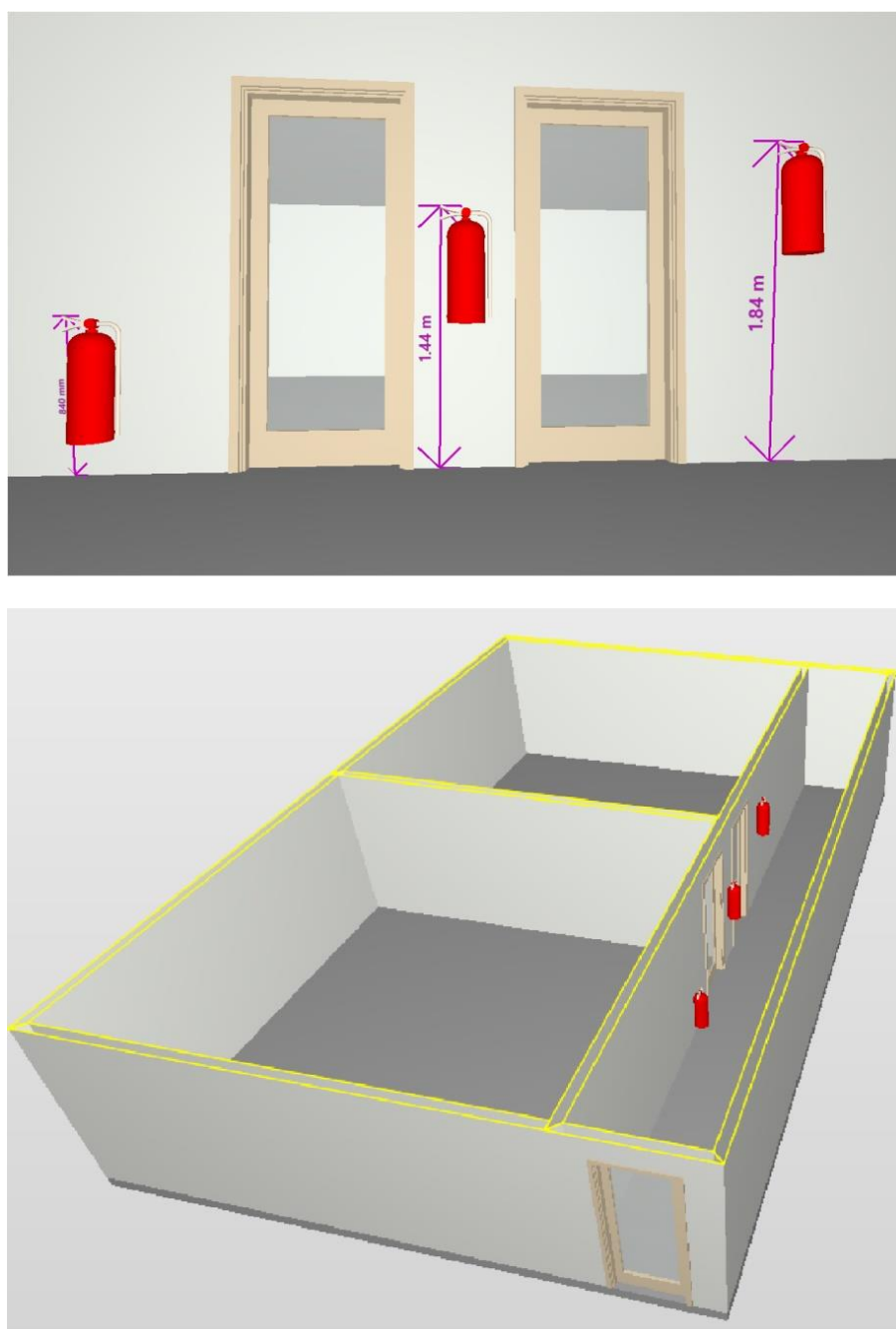
- a) atribuir os códigos de classificação da NBR 15965-5 (Sistema de classificação da informação da construção) aos extintores de incêndio para que estes elementos sejam incluídos na classificação “Extintores”, explicada na subseção 4.2.1.1;

4.2.14.2 Resultados da verificação

Para realizar o teste da checagem do Artigo 17º, foi desenvolvido um modelo de uma edificação simples, com um único pavimento térreo, com um corredor e duas salas. No corredor foram colocados três extintores, e um deles acima da distância máxima permitida pela IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores).

A Figura 50 expõe imagens instantâneas do modelo de teste desta checagem, obtidas através da visualização de modelos do Solibri.

Figura 50 – Modelo de edificação para teste da verificação da altura dos extintores de incêndio.

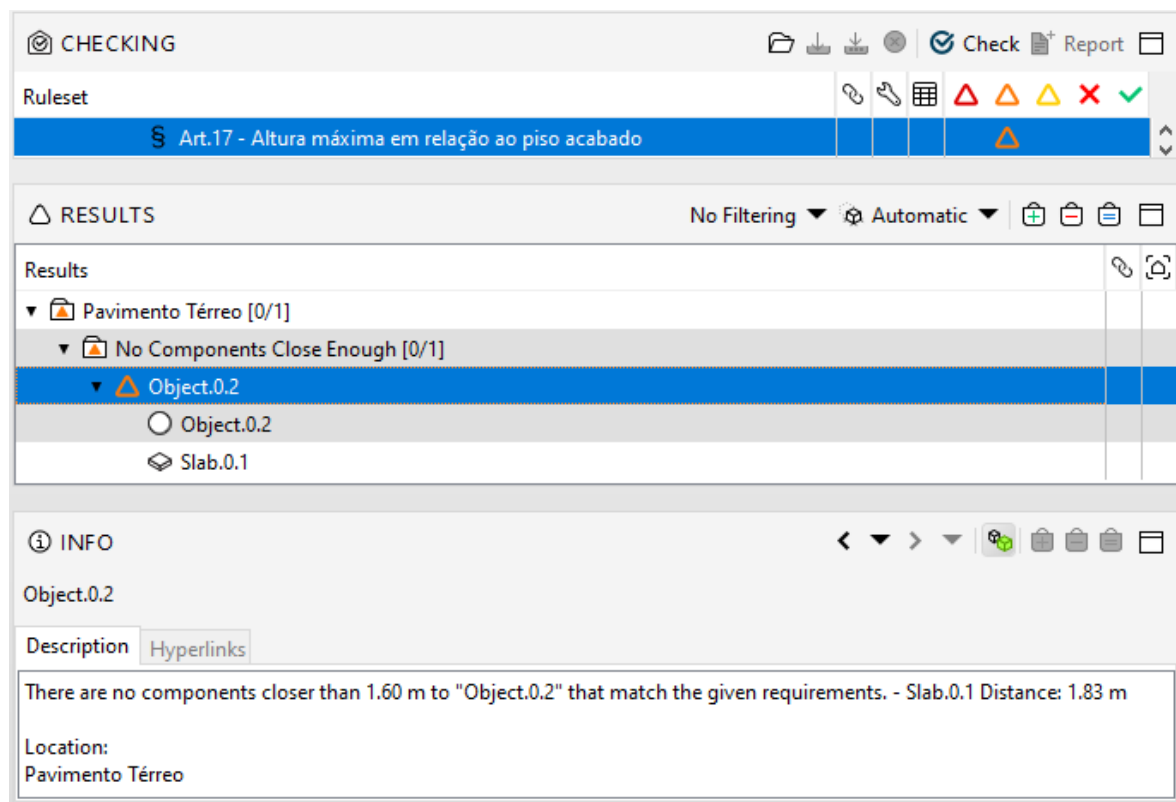


Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

A imagem de cima da Figura 50 exibe as alturas dos extintores, enquanto que a imagem de baixo mostra o interior da edificação toda através da ferramenta seccionamento no modo de visualização do SMC.

Após a execução da regra, a inconformidade foi corretamente apontada, como mostra a Figura 51 a seguir.

Figura 51 – Ocorrência de inconformidade devido à extrapolação da altura máxima de extintor de incêndio em relação ao piso acabado.

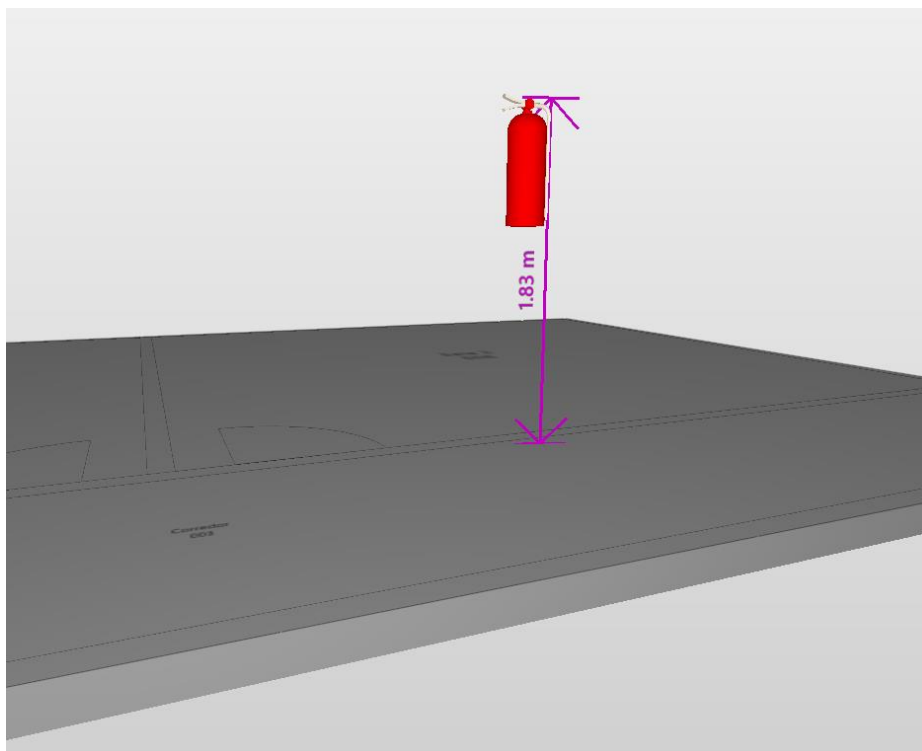


Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Nota-se na Figura 51 que na janela de resultados são informados os objetos envolvidos na ocorrência de inconformidade da regra “Art. 17 – Altura máxima em relação ao piso acabado”. Além disso, foi informado na janela de informações que não existe nenhum componente mais perto do que 1,60m até o extintor de incêndio identificado como “Object.0.2” que satisfaça os requisitos impostos (todas as lajes do modelo), e a distância encontrada foi de 1,83m. Esta mensagem foi dada pelo software da seguinte forma: “*There are no components closer than 1.60 m to "Object.0.2" that match the given requirements. - Slab.0.1 Distance: 1.83 m*”.

A Figura 52 a seguir mostrar os componentes envolvidos na ocorrência do conflito da checagem.

Figura 52 – Componentes do modelo envolvidos na inconformidade devido a altura do topo do extintor de incêndio até o piso ser maior que 1,60m.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

4.2.15 Artigos 18º, 19º e 20º – Sinalização dos extintores

Estes artigos tratam a respeito das sinalizações que devem ser instaladas junto aos extintores. Os artigos estão descritos da seguinte maneira:

Art. 18. Para a sinalização de parede, deve ser previsto sobre o extintor uma seta vermelha com bordas em amarelo, contendo a inscrição “EXTINTOR”.

Parágrafo único. Para os extintores portáteis locados em suporte sobre o piso, a sinalização deve estar agregada ao suporte, mesmo quando afastado da parede.

Art. 19. Para a sinalização de coluna, deve ser previsto sobre o extintor uma faixa vermelha com bordas em amarelo, contendo a letra “E” em negrito, em todas as faces da coluna.

Art. 20. Para a sinalização de piso, deve ser previsto sob o extintor um quadrado com 100 cm de lado na cor vermelha, com as bordas pintadas na cor amarela com 10 cm.

Parágrafo único. O disposto neste artigo aplica-se aos extintores instalados em:

- I – áreas de garagens ou depósitos, independentemente do tipo de ocupação do imóvel; e
- II – imóveis com ocupação industrial, depósitos, garagens, postos para reabastecimento de combustíveis ou edificações especiais.

Percebe-se que há diferentes tipos de sinalizações, apropriadas aos locais de instalação dos extintores.

No entanto, não é possível verificar integralmente as exigências relacionadas as sinalizações, já que não há nenhum modelo de regra pré-estabelecido no software SMC que permita verificar características de forma, cores diferentes de um mesmo elemento, inscrição de palavras ou letras, e medidas dos elementos que representam as sinalizações.

Apenas seria possível verificar se há componentes de um determinado tipo próximos aos extintores. Porém, não seriam verificadas as demais características dos elementos, que são fundamentais à aprovação para a IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores). Portanto, optou-se por não realizar as verificações destes artigos.

4.3 RESUMO DAS VERIFICAÇÕES

Nesta subseção será apresentado um resumo das verificações realizadas com as regras desenvolvidas para cada exigência aplicada ao projeto regulamentada pela IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores).

Este resumo está apresentado através do Quadro 9. Na primeira coluna são informados os números dos artigos, e na segunda coluna estão apresentados a(s) exigência(s) de cada artigo. Cabe citar que pode haver mais de uma exigência em um mesmo artigo, dispostas em itens diferentes. As demais colunas informam algumas características de cada exigência, que são: parametrização, onde é informado se a exigência está parametrizada subjetiva ou objetivamente, de acordo com a IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores); se é possível verificar automaticamente a exigência; causa da impossibilidade da verificação, caso esta não seja possível; e por fim, os modelos de regra utilizados para a verificação da exigência, caso ela for possível.

Quadro 9 – Resumo das verificações automáticas da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores)

| Artigo | | Parametrização | Verificação automática | | Modelos de regra utilizados |
|--------|---|----------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Nº | Exigências | | Possível? | Causa da impossibilidade | |
| 5 | Extintores devem ter cor vermelha. | Objetiva | Sim | - | SOL 230 |
| 6 | Agente extintor deve ser selecionado de acordo com a classe de incêndio a ser protegida. | Subjetiva | Não | IN | - |
| | Instalação de extintores para fogo tipo C próximo a algumas instalações. | Subjetiva | Não | IN | - |
| 7 | Distância de caminamento máxima até os extintores portáteis igual a 30m para risco leve e 15m para risco elevado. | Objetiva | Sim | - | <i>Information Takeoff</i> |
| 8 | Mínimo de dois extintores por pavimento, com exceção de um extintor para alguns casos. | Objetiva | Sim | - | SOL 231 |
| 9 | Instalação de no mínimo uma unidade extintora de pó tipo B:C para cada bomba de abastecimento em postos de reabastecimento de combustíveis. | Objetiva | Não | SMC | - |
| 10 | Obrigatoriedade de proteção por extintores sobre rodas em postos de reabastecimento e imóveis de risco elevado, quando estes não disporem de SHP. | Objetiva | Sim | - | SOL 231 e SOL 11 |
| 11 | Distância de caminamento máxima até os extintores sobre rodas igual a 30m. | Objetiva | Sim | - | <i>Information Takeoff</i> |
| 13 | Extintores sobre rodas devem acessar qualquer parte da área a ser protegida, sem impedimentos. | Objetiva | Não | SMC | - |
| 15 | Extintores devem estar localizados em circulação e em área comum. | Objetiva | Sim | - | SOL 1 |
| | Extintores devem estar localizados onde a probabilidade do fogo bloquear o acesso do extintor seja a menor possível. | Subjetiva | Não | IN | - |
| | Extintores devem estar localizados onde possuir boa visibilidade e acesso desimpedido. | Subjetiva | Não | IN | - |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Continua

Quadro 10 – Resumo das verificações automáticas da IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores)

Conitnuação

| Artigo | | Parametrização | Verificação automática | | Modelos de regra utilizados |
|--------|---|----------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| N° | Exigências | | Possível? | Causa da impossibilidade | |
| 16 | É proibido o depósito de materiais abaixo ou acima dos extintores. | Objetiva | Sim | - | SOL 222 |
| | É proibido a instalação de extintores em escadas, rampas, antecâmaras e em seus patamares. | Objetiva | Sim | - | SOL 1 |
| 17 | Extintores portáteis devem ser instalados com a alça de transporte a, no máximo, 1,60 m acima do piso acabado. | Objetiva | Sim | - | SOL 222 |
| | Extintores portáteis, quando locados sobre o piso, devem estar em suporte adequado para o piso | Subjetiva | Não | IN | - |
| 18 | Deve ser prevista uma seta vermelha com bordas amarela com a inscrição "EXTINTOR" localizada sobre o extintor e na parede. | Objetiva | Não | IN | SOL 222 |
| 19 | Deve ser prevista uma faixa vermelha com bordas em amarelo com a letra "E" em negrito em todas as faces da coluna, localizada sobre o extintor e na coluna onde o extintor estiver instalado. | Objetiva | Não | IN | SOL 222 |
| 20 | Deve ser previsto sob o extintor um quadrado com 100 cm de lado na cor vermelha, com as bordas pintadas na cor amarela com 10 cm, para extintores instalados em alguns locais determinados. | Objetiva | Não | IN | SOL 222 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Das 19 exigências aplicáveis ao projeto da IN 006 em análise:

- 14 são parametrizadas objetivamente, e as outras cinco tem parâmetros subjetivos;
- Nove puderam ser verificadas pelo software de checagem, enquanto que para as outras 10 não foi possível realizar a verificação. Destas 10, cinco tiveram a impossibilidade de verificação motivada por limitações do software SMC, e cinco tiveram a parametrização subjetiva na IN como motivo;
- Para o desenvolvimento das regras de checagem foram utilizados os modelos SOL 230 para uma exigência, SOL 231 para duas exigências, SOL 1 para

duas exigências, SOL 222 para duas exigências e SOL 11 para uma exigência. Além disso, a verificação de duas exigências não pode ser feita por verificação de regras, mas sim através da funcionalidade “*Information Takeoff*”, que quer dizer “Extração de informações”, do software de checagem Solibri.

4.4 OUTRAS OBSERVAÇÕES A RESPEITO DAS REGRAS DESENVOLVIDAS

4.4.1 Critérios de filtragem de componentes

Optou-se por utilizar, sempre quando possível, os códigos das classificações da NBR 15965 (Sistema de Classificação da Informação da Construção) para filtrar os componentes envolvidos nas checagens das regras. Em outras ocasiões, também foram utilizados como critérios de filtragem os nomes dos componentes.

No entanto, outros critérios de filtragem poderiam ser utilizados, como por exemplo camadas dos componentes, nomes específicos, tipos de componentes, entre outros, que implicariam em diretrizes de modelagem diferentes.

Esta variabilidade de métodos que podem ser utilizados para checar os componentes é uma das provas que para as verificações automáticas de regras podem existir diversas maneiras de se obter os mesmos resultados.

4.4.2 Utilização de outros softwares de modelagem

Como já citado, o software utilizado para a concepção dos modelos de edificações para testes das regras foi o ArchiCAD. E o formato que os modelos foram exportados foi o IFC, que é um formato interoperável e é o principal formato utilizado pelo software de checagem SMC. Então, por este formato ser interoperável, espera-se que os resultados das verificações sejam os mesmos no caso de os modelos forem concebidos por meio de outros softwares modeladores.

Porém, esta condição não é garantida, já que diferentes softwares podem exportar modelos em IFC com algumas particularidades diferentes. Portanto, seria necessário realizar o teste com outros softwares de modelagem, para confirmar que os resultados das regras seriam os mesmos.

4.4.3 Coerência das características de projeto com as propriedades mantidas nos modelos em formato IFC

Para a explicação desta observação toma-se como exemplo a verificação do Artigo 5º, exposta na subseção 4.2.2. Para a regra que verifica este artigo, a forma adotada para identificar a cor do extintor foi analisar uma propriedade que informa a cor dos objetos. Esta propriedade foi inserida nos modelos de teste através da criação de um *propety set* personalizado, e o valor desta propriedade é a cor dos objetos, que é atribuída ao IFC do modelo. Porém, este valor é inserido manualmente, e não tem vinculação nenhuma com a cor definida na representação 3D do objeto. Ou seja, pode ser atribuída uma cor ao objeto no IFC do modelo que seja diferente, por exemplo, da cor do objeto representado em um detalhamento nas pranchas do projeto.

Esta situação pode se caracterizar como um problema para, por exemplo, a utilização das regras de verificação para a análise de PPCIs.

Entende-se que esta é uma limitação do uso do IFC, já que nem todas as características aplicadas aos elementos dos modelos nos softwares de modelagem são mantidas ao exportar estes modelos no formato IFC.

Vale salientar que, para a explicação desta problemática foi usado o exemplo do Artigo 5º, mas o problema poderia ocorrer em outros casos que as características dos objetos foram atribuídas diretamente às *property sets* dos IFCs.

5 APLICAÇÃO PRÁTICA DAS REGRAS EM UM PROJETO EM BIM EXISTENTE

Nesta seção estão expostos os resultados de um teste prático da verificação das exigências da IN006 expostas na seção 4.

5.1 MODELO UTILIZADO

Para isso o teste prático das verificações propostas na pesquisa foi utilizado o projeto *as-built* da unidade do Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) da Grande Florianópolis.

O modelo BIM, que foi elaborado através do software ArchiCAD, retrata um edifício térreo, com estrutura de concreto armado e paredes de vedação de bloco cerâmico. A Figura 53 a seguir exibe a visualização 3D do modelo desta edificação, obtida através do modo de visualização 3D do software *Solibri Model Checker* (SMC).

Figura 53 – Vista 3D do modelo do CRAS.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Este projeto foi modelado e cedido pelo LaBIM-SC (Laboratório de BIM de Santa Catarina).

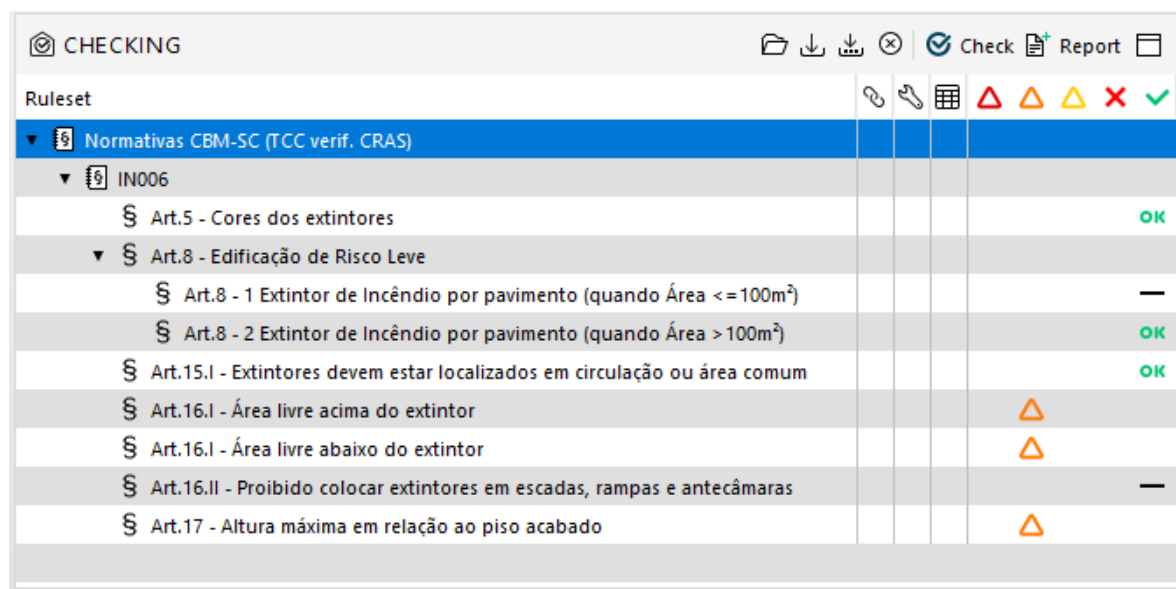
Para a realização das verificações, apenas foram feitas no modelo mudanças relacionadas às diretrizes de modelagem, que são essenciais ao funcionamento correto das checagens por regra. Estas diretrizes estão expostas nas descrições das verificações dos artigos, nas subseções 4.2.2 a 4.2.15, e se resumem basicamente em: atribuir os códigos de classificação através de *property set* de alguns componentes como extintores de incêndio, espaços de circulação ou área comum e cores dos elementos; adicionar a ocupação do imóvel na propriedade “*OccupancyType*” do conjunto de propriedades “*Pset_BuildingCommon*”; criar as vigas que representam as rotas de caminhada até os extintores de incêndio; criar um espaço que represente a área bruta da edificação; atribuir as características de agente

extintor e capacidade extintora aos extintores portáteis, através de *property set*. Mais informações sobre essas diretrizes estão expostas nas descrições das verificações dos artigos, nas subseções 4.2.2 a 4.2.15.

5.2 RESULTADOS DAS VERIFICAÇÕES

Então, o modelo foi aberto no SMC, assim como o *ruleset* criado com todas as regras desenvolvidas, e, após a checagem destas regras, foram encontradas algumas ocorrências, conforme pode ser visualizado na Figura 54 a seguir.

Figura 54 – Regras de verificação das exigências da IN006 após checagem.



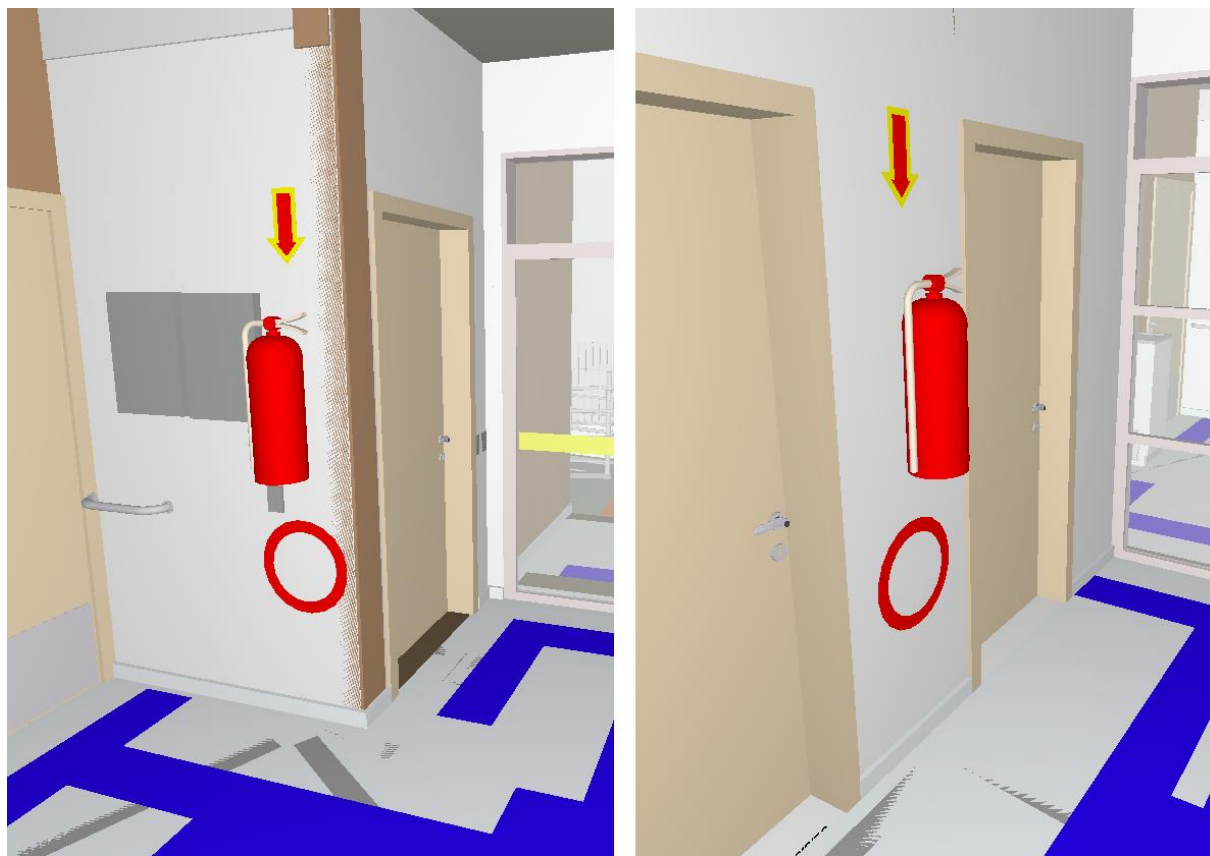
| Ruleset | | | | | |
|---|--|--|--|--|----|
| ▼ Normativas CBM-SC (TCC verif. CRAS) | | | | | |
| ▼ IN006 | | | | | |
| § Art.5 - Cores dos extintores | | | | | OK |
| ▼ § Art.8 - Edificação de Risco Leve | | | | | |
| § Art.8 - 1 Extintor de Incêndio por pavimento (quando Área ≤ 100m²) | | | | | — |
| § Art.8 - 2 Extintor de Incêndio por pavimento (quando Área > 100m²) | | | | | OK |
| § Art.15.I - Extintores devem estar localizados em circulação ou área comum | | | | | OK |
| § Art.16.I - Área livre acima do extintor | | | | | ⚠ |
| § Art.16.I - Área livre abaixo do extintor | | | | | ⚠ |
| § Art.16.II - Proibido colocar extintores em escadas, rampas e antecâmaras | | | | | — |
| § Art.17 - Altura máxima em relação ao piso acabado | | | | | ⚠ |

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

O projeto está de acordo com as exigências dos Artigos 5º, 8º e 15º.I, já que é indicado um símbolo de “OK” na verificação das regras que verificam estes artigos, como exposto na Figura 54. Este resultado era esperado, já que há dois extintores portáteis instalados na edificação, sendo que um deles está posicionado no corredor e o outro na recepção, conforme a Figura 55 a seguir.

Além disso, os extintores são vermelhos, e a eles foram atribuídos o valor “Vermelha” à propriedade “OP 40 20 22” do conjunto de propriedades “NBR_15965-2”. Esta propriedade representa a característica de cor, conforme consta no Sistema de Classificação da Informação da Construção proposta pela NBR 15965. O desenvolvimento desta regra está melhor explicada na subseção 4.2.2.

Figura 55 – Extintores de incêndio portáteis do CRAS.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Para o Artigo 8º, a regra “Art.8 – 1 Extintor de Incêndio por pavimento (quando Área $\leq 100m^2$ ” teve como resultado um “-”, que indica que o modelo não contém alguns componentes envolvidos na regra. Porém, é esperado este resultado, já que esta regra é utilizada para pavimentos com área bruta menor que $100m^2$, e o edifício em análise possui apenas um pavimento térreo com mais de $100m^2$ de área. Desta forma, o componente não presente no modelo é algum espaço que represente a área bruta de um pavimento com área menor que $100m^2$.

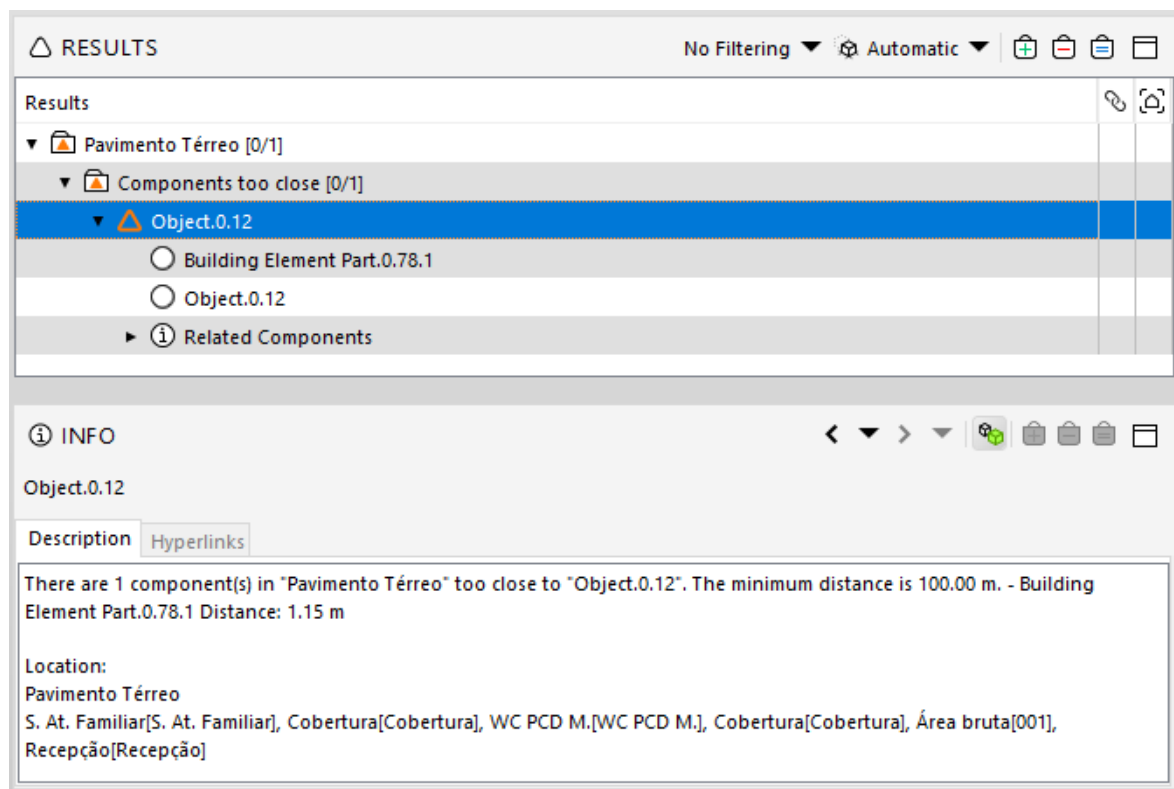
Na verificação do item II do Artigo 16º também foi obtido o resultado que indica a falta de componentes necessários à checagem da regra. Isto se deve ao fato de que a edificação não possui escadas, rampas e antecâmaras, já que se trata de um bloco térreo. Neste caso, o componente faltante é algum espaço que represente área de escada, antecâmara ou rampa. Desta forma, o projeto está de acordo o item deste artigo.

Em relação a verificação do item I do Artigo 16º, que verifica o depósito indevido de materiais abaixo e/ou acima dos extintores de incêndio, o software detectou a ocorrência de três conflitos. Analisando os resultados e informações das ocorrências, constatou-se que uma

das ocorrências ocorreu devido a uma parte de uma viga – indicada no modelo como um “*Building Element Part*”, que quer dizer “Parte do Elemento de Construção” – estar acima de um extintor de incêndio, e localizada no mesmo espaço deste extintor. Por algum motivo, esta parte da viga foi modelada como este tipo de componente. E como nas configurações desta regra, os componentes do tipo “*Building Element Part*” não estão nas exceções das verificações de distância entre componentes, a ocorrência foi detectada como um conflito da regra.

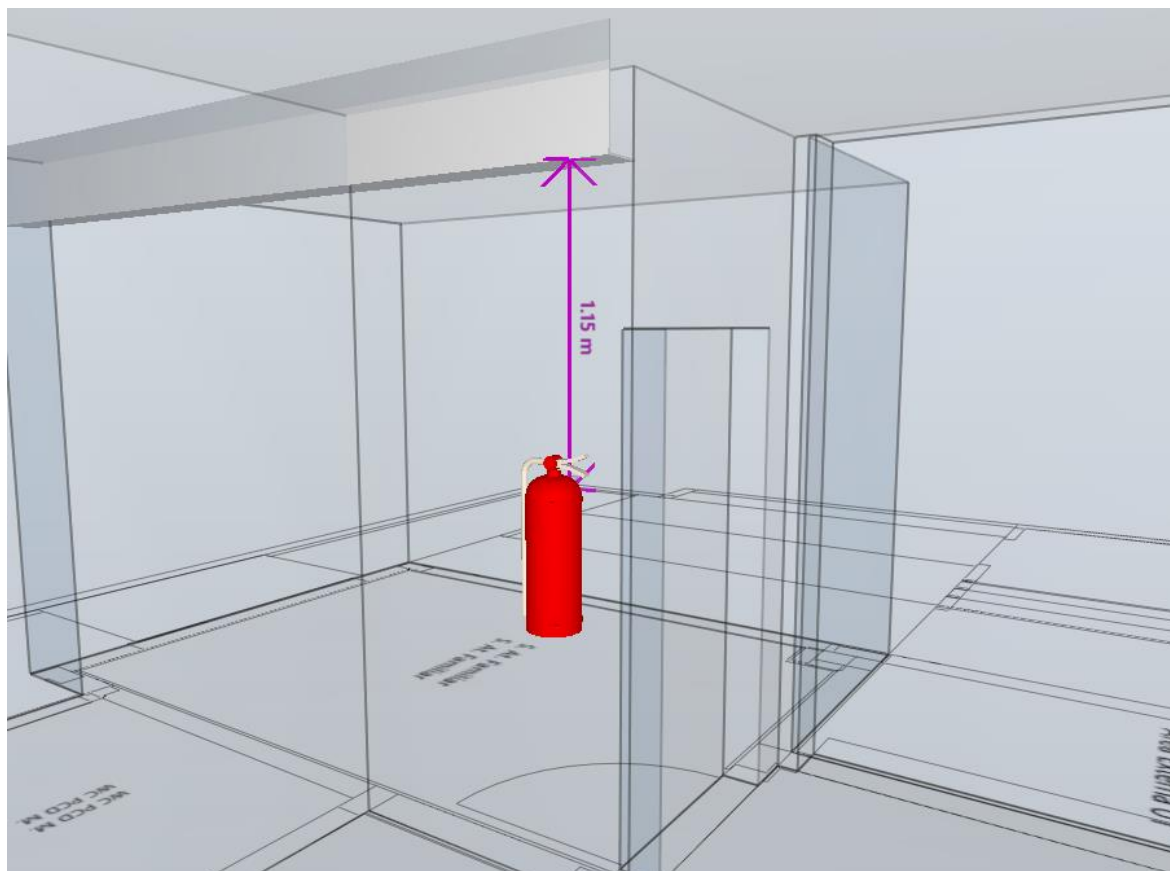
Porém, entende-se que esta ocorrência não constitui-se como uma inconformidade do projeto em relação a IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores), já que o componente detectado acima do extintor não é um material, móvel, ou algum outro elemento que não poderia ser posicionado ali, e sim parte da estrutura da edificação, e que está em uma posição que não causará interferência ao uso do extintor de incêndio. Mais informações da regra de checagem podem ser encontradas na subseção 4.2.12, que explica o desenvolvimento e os parâmetros de configuração da checagem do item I do Artigo 16°. As Figura 56 e Figura 57 a seguir mostram os componentes do modelo envolvidos nesta ocorrência, além dos resultados e informações da ocorrência.

Figura 56 – Resultados e informações da ocorrência de um componente do tipo *Building Element Part* localizado acima e no mesmo espaço de um extintor de incêndio.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

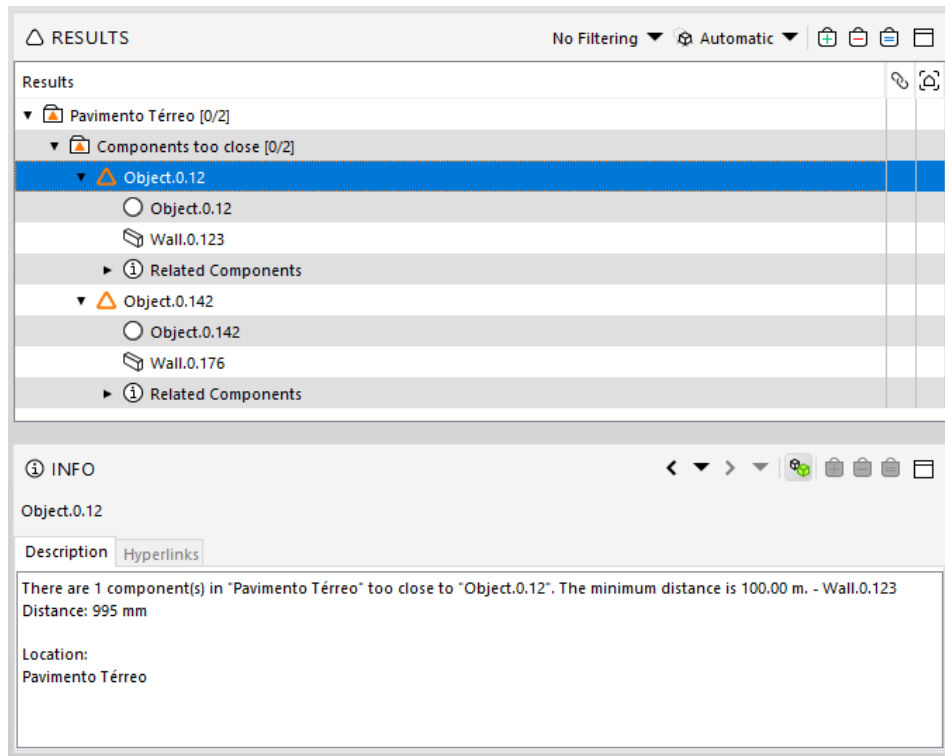
Figura 57 – Componentes envolvidos na ocorrência de um componente do tipo *Building Element Part* localizado acima e no mesmo espaço de um extintor de incêndio.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

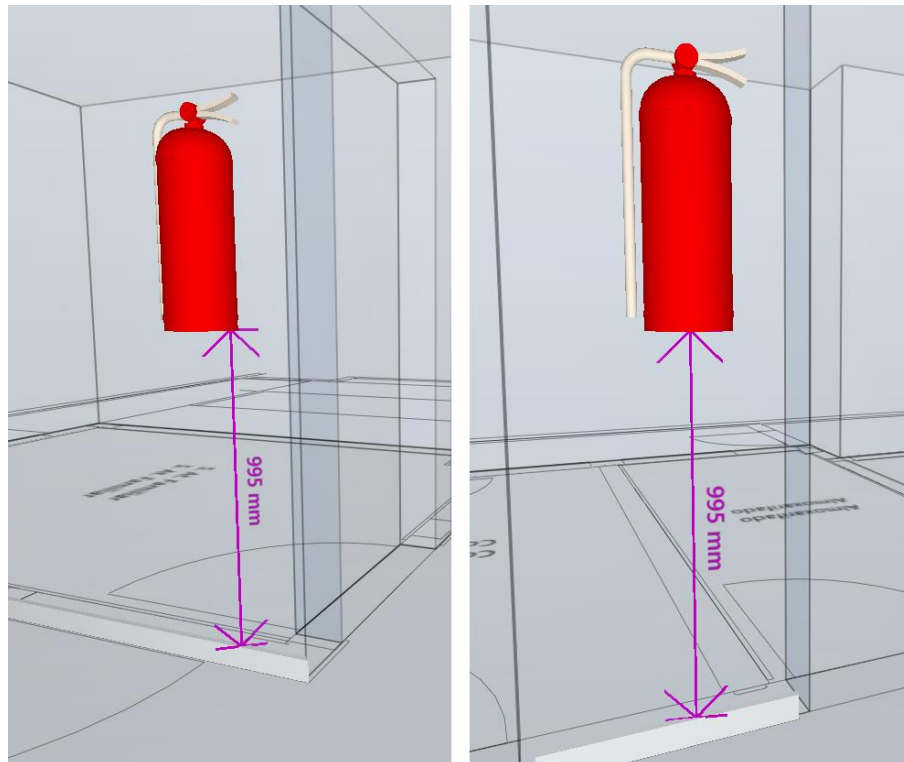
As outras duas ocorrências da regra de checagem do item I do Artigo 16º ocorreram devido à existência de rodapés localizados abaixo dos dois extintores de incêndio. Os rodapés foram modelados com componentes do tipo parede. Este tipo de elemento não está configurado como um componente de exceção da regra. Então, com esta ocorrência, foi descoberta esta lacuna da regra, que pode indicar ocorrências de conflito em situações como esta, em que não há inconformidade em relação à IN 006 (Sistema Preventivo por Extintores). As Figura 58 e Figura 59 a seguir mostram os resultados e os componentes envolvidos nesta ocorrência.

Figura 58 – Resultados e informações das ocorrências de rodapés localizados abaixo dos extintores de incêndio.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Figura 59 – Componentes envolvidos nas ocorrências de rodapés localizados abaixo dos extintores de incêndio.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

As outras ocorrências de conflitos encontrados após a checagem das regras aconteceram em relação à regra de verificação do Artigo 17º, que analisa se os extintores estão posicionados a uma altura de no máximo 1,60m a partir do piso acabado. Neste caso, as ocorrências indicaram inconformidades reais, já que os dois extintores estão posicionados no projeto a uma altura maior do que a máxima definida.

Como pode se observar nas Figura 60 e Figura 61, que mostra os componentes e as informações das ocorrências de conflito da regra, o software indicou todos os componentes do tipo laje que estão abaixo dos extintores, sendo que os componentes mais próximos estão a 1,70m, e são dois componentes que representam pisos cerâmicos.

Figura 60 – Resultados e informações das ocorrências de extintores posicionados a mais de 1,60m de altura em relação ao piso acabado.

RESULTS No Filtering Automatic

Results

- Pavimento Térreo [0/2]
 - No Components Close Enough [0/2]
 - Object.0.12**
 - Object.0.12
 - Slab.-2.103
 - Slab.-2.146
 - Slab.-2.175
 - Slab.0.20
 - Slab.0.581
 - Slab.0.925
 - Object.0.142
 - Object.0.142
 - Slab.-2.14
 - Slab.-2.145
 - Slab.-2.258
 - Slab.0.247
 - Slab.0.337
 - Slab.0.75
 - Slab.0.970
 - Slab.0.997

INFO

Object.0.12

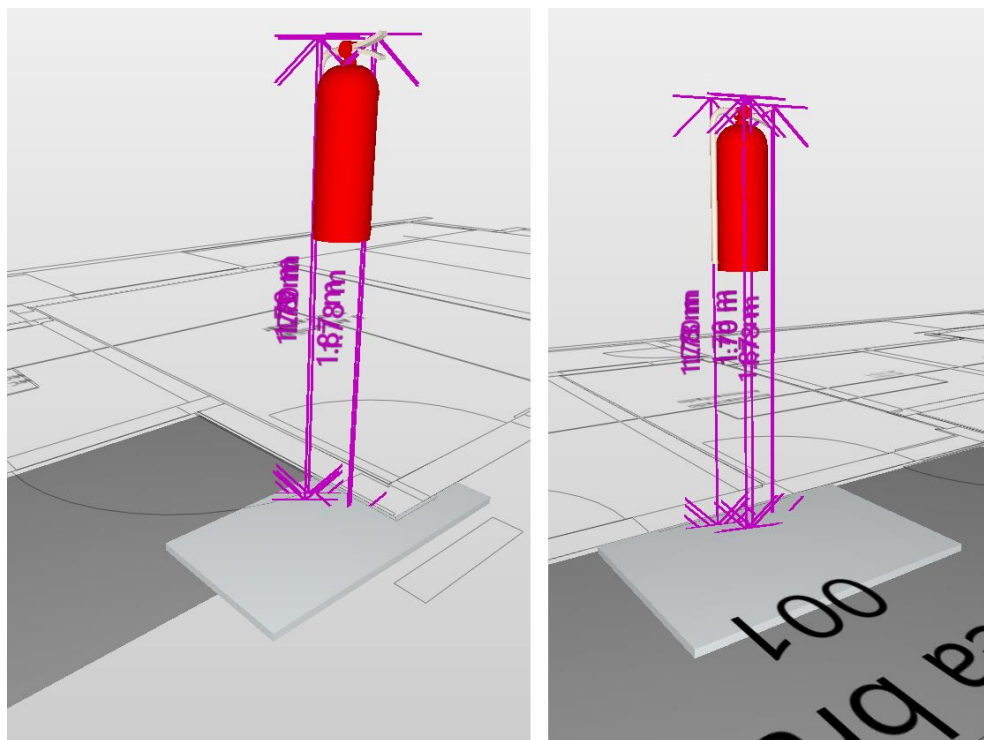
Description Hyperlinks

There are no components closer than 1.60 m to "Object.0.12" that match the given requirements. - Slab.-2.175 Distance: 1.73 m - Slab.-2.146 Distance: 1.78 m - Slab.-2.103 Distance: 1.87 m - Slab.0.20 Distance: 1.78 m - Slab.0.925 Distance: 1.70 m - Slab.0.581 Distance: 1.70 m

Location:
Baldrame, Pavimento Térreo
WC PCD M.[WC PCD M.], Área bruta[001], Recepção[Recepção]

Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Figura 61 – Componentes envolvidos nas ocorrências de extintores posicionados a mais de 1,60m de altura em relação ao piso acabado.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

As cotas que aparecem na Figura 61 são as cotas de distância do ponto superior do extintor até todos os componentes do tipo laje do modelo, posicionados abaixo deles. Algumas lajes não aparecem na figura, já que estão ocultas por outras que estão acima.

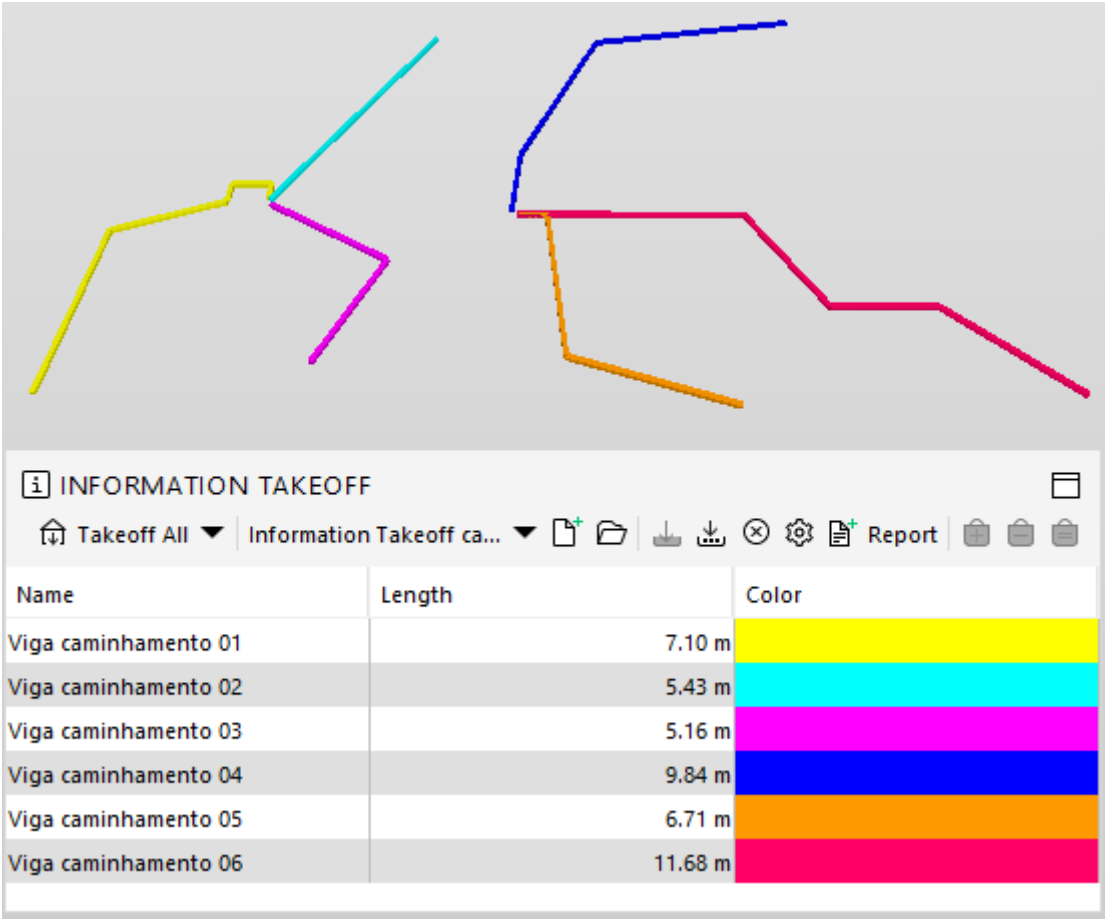
Além das regras de checagem executadas, também foi verificada a exigência feita no Artigo 7º, que determina as distâncias máximas que podem ser percorridas na edificação até alcançar um extintor portátil. Esta verificação não foi feita por regras, mas sim através da funcionalidade de extração de informações do SMC, como é explicado na subseção 4.2.4. Em resumo, foi necessário modelar vigas de caminamento até os extintores de incêndio, através do software ArchiCAD, e, após isto, foi verificado os comprimentos destas rotas através da funcionalidade de extração de informações no software SMC.

Após a execução da extração de informações, observou-se que nenhuma rota de caminamento extrapolou a distância máxima para imóveis de risco de incêndio leve, que é 30m. O risco de incêndio foi determinado como leve, já que a ocupação da edificação foi definida como “Pública”, que, com base na IN 003 (Carga de Incêndio), se enquadra como risco de incêndio leve.

A Figura 62 a seguir mostra as rotas de caminamento até os extintores portáteis, modeladas com vigas, assim como os seus comprimentos totais e a visualização das vigas no

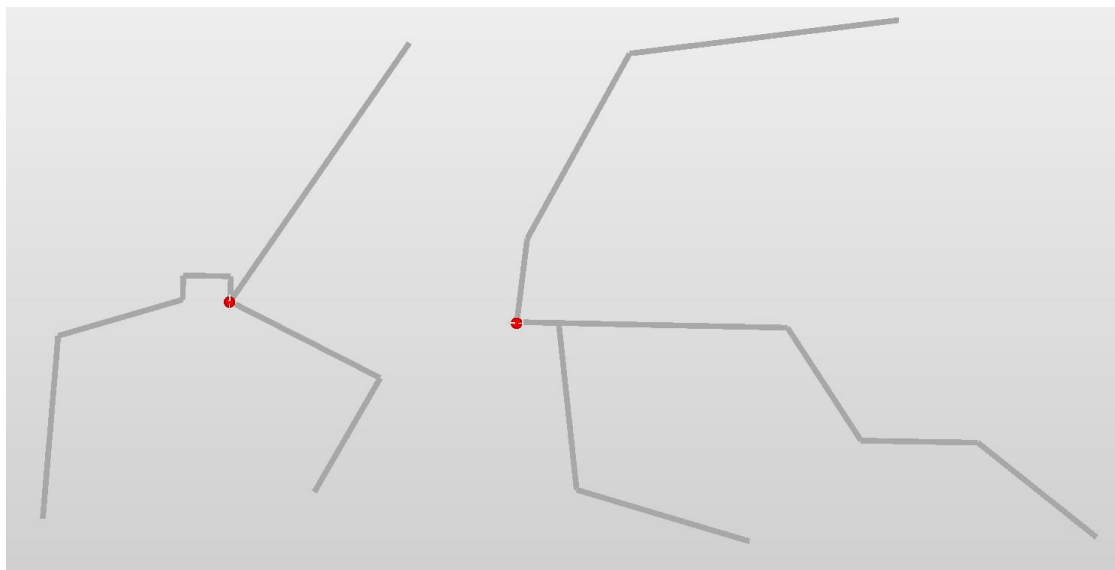
modelo, extraídas pelo modo de informação de quantitativos. Já a Figura 63 exibe as rotas de caminhamentos e os extintores portáteis da edificação, extraídos a partir do modo de visualização de modelos.

Figura 62 – Rotas de caminhada até os extintores de incêndios portáteis e seus comprimentos totais, obtidas através de extração de informações.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

Figura 63 – Rotas de caminhada e extintores de incêndio portáteis e seus comprimentos totais, obtidas através do modo de visualização de modelos.



Fonte: Elaborado pelo autor através do software SMC.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

Este trabalho tem como tema principal a utilização da verificação automática por regras – que é, basicamente, o uso de regras computacionais para checar características de modelos BIM – para analisar o atendimento de exigências de SCI em projetos em BIM. Mais especificamente, no trabalho foram desenvolvidas regras de checagem, por meio do software *Solibri Model Checker* (SMC), usadas para analisar as exigências descritas na Instrução Normativa 006 (IN 006), que trata a respeito dos requisitos mínimos de Sistemas Preventivos por Extintores. Estas regras foram validadas através de testes aplicados em modelos de edificações genéricas, e por fim em um projeto em BIM consolidado.

Este tema pode ser de grande importância à sociedade, já que tem um grande potencial para contribuir para a solução das problemáticas relacionadas à demora na aprovação de projetos e a inadaptação de órgãos públicos brasileiros, como os Corpos de Bombeiros, em relação ao BIM. A importância do assunto também é enaltecida devido ao fato de que o mesmo pode trazer benefícios relacionados às condições de SCI em geral, que muitas vezes, no Brasil, são negligenciadas.

O objetivo principal do trabalho – que é analisar por meio de verificação automática de regras, as especificações dos Sistemas Preventivos por Extintores (SPE) em modelos BIM, sob o aspecto das exigências das instruções normativas do CBMSC – não foi totalmente alcançado, já que os Artigos 6º, 9º, 13, 18, 19 e 20, além de parte dos Artigos 15 e 17, não puderam ser verificados automaticamente. Isto ocorreu devido às limitações do software utilizado para desenvolver as regras, o SMC, e limitações da própria IN 006, que possui algumas exigências com parâmetros subjetivos, impedindo a verificação destas exigências por regras.

Inclusive, as detecções destes entraves do software e da IN se constituíam como objetivos específicos. Em relação à detecção dos limites do SMC, este objetivo está atrelado ao princípio de “esgotar” as possibilidades de um software – ou seja, descobrir todas as possibilidades e limitações que esta ferramenta proporciona – para que depois disso possam ser propostas melhorias ao desenvolvedor do software e/ou buscar outra ferramenta para a mesma finalidade. Já a identificação das limitações da norma – relacionadas aos parâmetros objetivos de algumas exigências – permitiu constatar que esta norma deverá ser adaptada para

que a verificação automática por regras possa ser aplicada de fato pelos agentes envolvidos na elaboração e análise de projetos de sistemas de SCI.

Os demais objetivos específicos como criação das regras de checagem, e teste destas regras em um projeto consolidado foram afetados pelas limitações mencionadas, já que não foi possível verificar todas as exigências.

No entanto, puderam-se verificar exigências essenciais de um SPE, como a da distância máxima a se percorrer até os extintores e a da quantidade mínima de extintores por pavimento.

Pensando na solução dos problemas apontados, para aquele relacionado à necessidade de adequação dos órgãos analisadores de projetos ao BIM, pode-se dizer que os resultados desta pesquisa foram satisfatórios. O motivo disto é que, com a utilização de um software de checagem, foi possível verificar boa parte da norma referente aos sistemas de extintores de incêndio. Para as outras exigências, seria necessário buscar outras ferramentas computacionais alternativas e também adaptar as INs à verificação automática de regras. No entanto, estas atividades fogem do escopo deste trabalho.

Para o outro problema, que é a demora na aprovação de projetos, acredita-se que, principalmente para projetos mais complexo e com grande quantidade de extintores, provavelmente o tempo de análise seria reduzido consideravelmente. Porém, não se pode confirmar com certeza isto, já que não foi provado experimentalmente que este tempo de análise de projetos realmente diminui com a verificação automática de regras. Apesar de o tempo de checagem das regras no software ser praticamente instantâneo, deve se levar em conta o tempo de adequação do modelo à verificação por regras, determinada pelas diretrizes de modelagem. Além de que, a solução encontrada para verificar a distância máxima de caminhada até um extintor não é muito favorável em relação à diminuição do tempo de análise, já que as rotas de caminhada devem ser modeladas, implicando em um acréscimo de tempo.

Deve se destacar também que, para o projeto testado nesta pesquisa, a diminuição do tempo de rapidez de uma análise de projeto feita através do método proposto no trabalho em comparação com a análise tradicional, que é mais manual, não seria muito impactante, devido à simplicidade do projeto.

Ademais, após o desenvolvimento do trabalho, principalmente com o teste das regras criadas em um projeto consolidado, percebeu-se que não foi possível criar um processo totalmente automatizado de análise de Sistemas Preventivos de Extintores. Apenas foi

possível proporcionar mais automatização ao processo. No entanto, entende-se que a participação humana é muito importante nesta etapa de análise de projetos, já que esta etapa tem grande potencial de influenciar diversas ocorrências ao longo da vida útil de uma edificação, e com a interferência humana podem ser identificados erros decorrentes apenas do uso de computadores.

Concluiu-se também a importância do IFC para este tema, já que este formato de dados permite a utilização de diferentes softwares de modelagem para a elaboração dos projetos a serem checados. Isto acaba evitando a criação de uma reserva de mercado para um determinado software, o que incentiva a concorrência entre as empresas desenvolvedoras, e desta forma, provoca um melhoramento contínuo das ferramentas desenvolvidas.

Porém, foi concluído que o IFC pode ser melhor explorado, já que várias características atribuídas aos elementos através dos softwares modeladores não são mantidas no modelo em formato IFC. Um exemplo em que esta particularidade pode causar problemas nas aplicações das verificações automáticas por regras está descrito na subseção 4.4.3. Entende-se que a origem desta limitação decorre também do uso do IFC pelos softwares, e não apenas como uma limitação do IFC.

A respeito da NBR 15965 – que instaura um Sistema de Classificação da Informação da Construção, e é destinada principalmente às aplicações relacionadas ao BIM –, entende-se que esta norma irá proporcionar facilidades a análise de projetos por meio de verificação automática de regras, já que ela traz uma padronização das nomenclaturas das informações da construção e atribui códigos para estas informações. Estes códigos podem ser utilizados para classificar elementos e propriedades dos modelos BIM de uma forma padronizada, o que facilita as implementações de vários usos do BIM, inclusive da checagem de projetos por verificação de regras.

No entanto, até o momento desta pesquisa, os softwares de modelagem não possuem funcionalidades que permitam incluir os códigos de classificação da NBR 15965 aos elementos do modelo. Imagina-se que isto ocorre devido ao fato de nem todas as partes da norma já terem sido finalizadas. E desta forma, entende-se que após o lançamento destas partes, os softwares BIM terão de se adaptar à norma de classificação, ou seja, deverão incluir funcionalidades para classificar os elementos dos modelos de uma forma prática. Inclusive, o software ArchiCAD, que foi utilizado neste trabalho, já permite que os elementos sejam classificados de acordo com sistemas de classificação de outros países, disponibilizando as tabelas de classificação com os códigos e as nomenclaturas dos elementos dentro da interface do software.

Neste trabalho, como se desejava utilizar a norma brasileira para realizar a classificação e posterior identificação dos elementos do modelo, os códigos de classificação tiveram de ser atribuídos ao modelo de uma forma manual, através da criação de novos *property sets*. E os códigos dos elementos foram consultados em tabelas externas ao software.

Também se entende que seria vantajoso que as normatizações relacionadas à SCI se adaptassem às nomenclaturas e informações da NBR 15965. Por exemplo, seria necessário que na IN 003 (Carga de incêndio), que utiliza as ocupações de imóveis para classifica-los quanto ao risco de incêndio, as ocupações possíveis fossem alteradas para aquelas que constarão na parte 6 do sistema de classificação da NBR 15965, já que nesta norma existem mais ocupações e que estão mais detalhadas.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como já mencionado, este trabalho delimitou-se a verificação automática por regras das exigências normativas de sistemas de extintores de incêndio. Portanto, sugere-se como sugestão de trabalhos futuros a análise por regras automáticas de outras medidas de proteção e prevenção contra incêndio, como de saídas de emergência, Sistema Hidráulico Preventivo (SHP), Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), entre outros.

Além disso, para estes outros trabalhos, poderiam ser usadas outras normas além das INs criadas pelo CBMSC, como por exemplo, as NBRs, que possuem exigências mais completas e detalhadas, ou até normas internacionais, com o intuito de fazer comparativos com as normas brasileiras e propor melhorias a elas.

Outra sugestão é a elaboração de trabalhos em que sejam verificados os requisitos de SCI utilizando outras ferramentas, como ferramentas computacionais com linguagem de programação.

REFERÊNCIAS

ABNT CATÁLOGO. **ABNT NBR ISO 12006-2:2018**. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=385881>>. Acesso em: 22 set. 2018.

AEC MAGAZINE. **Solibri Model Checker V8**. 2013. Disponível em: <<https://aecmag.com/software-mainmenu-32/527-solibri-model-checker-v8>>. Acesso em: 19 set. 2018.

ANDRADE, Max Lira Veras X. de; RUSCHEL, Regina Coeli. INTEROPERABILIDADE DE APLICATIVOS BIM USADOS EM ARQUITETURA POR MEIO DO FORMATO IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Paulo, SP, v. 2, n. 4, p.76-111, 15 dez. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13860**: Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro, 1997. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013. v. 5.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-1**: Sistema de classificação da informação da construção – Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, 2011. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15965-2**: Sistema de classificação da informação da construção – Parte 2: Características dos objetos da construção. Rio de Janeiro, 2012. 36 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA – AsBEA. **Guia de boas práticas em BIM – Fascículo 1**. São Paulo: CAU/BR, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA – ASBEA. **Guia para Arquitetos na Aplicação da Norma de Desempenho**. [S. l.]: CAU/BR, 2017. 54 p. Disponível em: <http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf>. Acesso em: 08 out. 2018.

BERTO, A. F. Gestão da segurança contra incêndio em edificações. In: **Questões Atuais de segurança contra incêndio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1998. (Apostila).

BOCK, Thomas. The future of construction automation: Technological disruption and the upcoming ubiquity of robotics. **Automation In Construction**, [S. l.], v. 59, p.113-121, nov. 2015.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 05 out. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm#art182>. Acesso em: 27 set. 2018.

BRENTANO, Telmo. **A Segurança Contra Incêndios nas Edificações**. Porto Alegre: Comissão Especial de Revisão e Atualização da Legislação de Segurança Contra Incêndio no RS, 2013. 48 slides, color. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/FileRepository/repdcp_m505/ComEspContraIncendio/1%C2%AA%20AP_%202013.pdf>. Acesso em: 29 set. 2018.

BUILDINGSMART. **IFC Introduction**. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/>>. Acesso em: 15 set. 2018.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **PIB Brasil e Construção Civil**. 2018. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>>. Acesso em: 12 out. 2018.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco et al. **Entendendo BIM**. Curitiba: Entendendo Bim, 2015. 50 p. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/documentos/livro_entendendo_bim.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.

CATELANI, Wilson Silva; SANTOS, Eduardo Toledo. Normas brasileiras sobre BIM. **Concreto & Construções**, [S. l.], p.54-59, out-dez. 2016.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Constructability**: a primer. 2.ed. austin, 1987. (CII publication, n.3-1)

COOPERATIVE RESEARCH CENTRE FOR CONSTRUCTION INNOVATION. **Adopting BIM for facilities management**: Solutions for managing the Sydney Opera House. [S. l.]: Icon.net Pty Ltd, 2007. 19 p.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica nº 02/2011**: Conceitos básicos de segurança contra incêndio. São Paulo, 2011a. 34 p. Disponível em: <<https://www.bombeiros.com.br/pdf/instrucoes-tecnicas-02.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2018.

_____. **Instrução Técnica nº 03/2011**: Terminologia de segurança contra incêndio. São Paulo, 2011b. 28 p. Disponível em: <<https://www.bombeiros.com.br/pdf/instrucoes-tecnicas-03.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa 001**: Da Atividade Técnica. Florianópolis, 2015. 72 p. Disponível em: <https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/IN_01_17-04-2015.pdf>. Acesso em: 29 set. 2018.

_____. **Instrução Normativa 003**: Carga de Incêndio. Florianópolis, 2014. 15 p. Disponível em: <https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/IN_29_06_2014/IN_03%20.pdf>. Acesso em: 29 set. 2018.

_____. **Instrução Normativa 004**: Terminologia de Segurança Contra Incêndio. Florianópolis, 2018a. 40 p. Disponível em: <https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/IN_29_06_2014/IN_004.pdf>. Acesso em: 30 set. 2018.

_____. **Instrução Normativa 006:** Sistema Preventivo por Extintores. Florianópolis, 2018b. 7 p. Disponível em: <https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/IN_29_06_2014/IN_006_SPE_18abril2018.pdf>. Acesso em: 30 set. 2018.

_____. **Instrução Normativa 007:** Sistema Hidráulico Preventivo. Florianópolis, 2017. 19 p. Disponível em: <https://dat.cbm.sc.gov.br/images/arquivo_pdf/IN/IN_01_08_2017/IN_07_SHP_-_01ago2017.pdf>. Acesso em: 30 set. 2018.

DICIONÁRIO PRIBERAM DA LÍNGUA PORTUGUESA. **Interoperabilidade.** Disponível em: <<https://www.priberam.pt/dlpo/interoperabilidade>>. Acesso em: 15 set. 2018.

DUEÑAS PEÑA, Monserrat ; FRANCO, Luiz Sérgio. Método para elaboração de projetos para produção de vedações verticais em alvenaria. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [S. l.], v. 1, n. 1, p.126-153, 29 set. 2006.

EASTMAN, C. M.; LEE, J; JEONG Y.; LEE, J.. Automatic rule-based checking of buildings designs. **Automation in Construction**, v.18, n. 8, p. 1011-1033, dez. 2009.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual De Bim:** Um Guia De Modelagem Da Informação Da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 503 p.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION. **Bim Guides Serie 1.** 2007, 49p. Disponível em: <https://www.gsa.gov/cdnstatic/GSA_BIM_Guide_v0_60_Series01_Overview_05_14_07.pdf>. Acesso em: 10 set. 2018.

HANSSEN, Cláudio A. **Curso de proteção contra incêndios.** Apostila. Florianópolis, 1993.74p.

JEONG, J.; LEE, G., Requirements for automated code checking for fire resistance and egress rule using BIM. **ICCEM/ICCPM 2009.** p.316–322. 2010.

KATER, Marcel; RUSCHEL, Regina. Avaliando a aplicabilidade de BIM para a verificação da norma de segurança contra incêndio em projeto de habitação multifamiliar. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [S. l.], p.2821-2831, 11 nov. 2014.

KHEMLANI, Lachmi. **Solibri Model Checker:** AECbytes Review. 2018. Disponível em: <<http://www.aecbytes.com/review/2018/SolibriModelChecker.html>>. Acesso em: 19 set. 2018.

LATIFFI, Aryani Ahmad; BRAHIM, Juliana; FATHI, Mohamad Syazli. The Development of Building Information Modeling (BIM) Definition. **Applied Mechanics And Materials**, [S. l.], v. 567, p.625-630, jun. 2014. Trans Tech Publications. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.567.625>.

LIPP, John. **New in SMC v9.7: Improved Communication Layout Workflow**. 2016. Disponível em: <<https://www.solibri.com/learn/new-in-smc-v9-7-improved-communication-layout-workflow>>. Acesso em: 19 set. 2018.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325 p. Tese (Doutorado) - Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, USP, São Paulo, 2013.

MEIRELLES, Célia Regina Moretti. O conceito de desempenho e as condicionantes da segurança contra incêndio em projetos de habitação de cinco andares no Brasil. In: NUTAU, 9., 2012, São Paulo. **Anais...**. São Paulo: USP, 2012. p. 1-15.

NASCIMENTO, Luiz Antonio do; SANTOS, Eduardo Toledo. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, ANTAC, v. 3, n. ja/mar. 2003., p. 69-81, 2003.

NOGUEIRA, Guilherme. **O cenário das bibliotecas BIM no Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://www.pnmtecnologia.com/single-post/2017/10/16/O-cen%C3%A1rio-das-bibliotecas-BIM-no-Brasil>>. Acesso em: 27 set. 2018.

ONO, Rosaria. Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p.97-113, jan./mar. 2007. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3731/2083>>. Acesso em: 29 set. 2018.

RODRIGUES, Eduardo Estevam C.; BELEM, Clarissa P.. **Adequação do Plano de Prevenção e Proteção Contra Incêndio (PPCI) de uma Edificação Existente à Nova Legislação Estadual do Rio Grande do Sul**. 2015. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, [S. l.], 2015.

SANTA CATARINA. Bruna Campos Pacheco; Victor Delegregio; Victor Hamann Pereira. Secretaria de Estado do Planejamento. **Guia Básico: IFC**. Florianópolis: A, [2017]. 27 p. Disponível em: <<http://www.spg.sc.gov.br/visualizar-biblioteca/acoes/1174--391/file>>. Acesso em: 27 out. 2018.

SANTA CATARINA. Diretoria de Atividades Técnicas. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Instruções Normativas - IN**. 2018. Disponível em: <<https://dat.cbm.sc.gov.br/index.php/pt/cidadao/instrucoes-normativas-in>>. Acesso em: 05 out. 2018.

SANTA CATARINA (Estado). Constituição (1989). **Constituição do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, SC, 05 out. 1989. Disponível em: <http://leis.alesc.sc.gov.br/html/constituicao_estadual_1989.html>. Acesso em: 27 out. 2018.

SANTA CATARINA (Estado). Decreto nº 1957, de 20 de dezembro de 2013. **Regulamenta A Lei Nº 16.157, de 2013, Que Dispõe Sobre As Normas e Os Requisitos Mínimos Para A Prevenção e Segurança Contra Incêndio e Pânico e Estabelece Outras Providências**. Florianópolis, SC, 20 dez. 2013a. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=264022>>. Acesso em: 27 set. 2018.

SANTA CATARINA (Estado). Lei nº 16157, de 7 de novembro de 2013. **Dispõe Sobre As Normas e Os Requisitos Mínimos Para A Prevenção e Segurança Contra Incêndio e Pânico e Estabelece Outras Providências.** Florianópolis, SC, 7 nov. 2013b. Disponível em: <<http://www.leisestaduais.com.br/sc/lei-ordinaria-n-16157-2013-santa-catarina-dispoe-sobre-as-normas-e-os-requisitos-minimos-para-a-prevencao-e-seguranca-contra-incendio-e-panico-e-estabelece-outras-providencias?q=16157>>. Acesso em: 27 set. 2018.

SANTOS, Eduardo Toledo. **Building Information Modeling:** Curitiba: Workshop Brasileiro de Gestão de Processo de Projetos na Construção de Edifícios, 2007. 17 slides, color.

SARQUIS, Nicolau. **A dificuldade para aprovação de projetos.** 2018. Disponível em: <<https://cbic.org.br/a-dificuldade-para-aprovacao-de-projetos/>>. Acesso em: 13 out. 2018.

SEITO, Alexandre Itiu et al. **A Segurança contra incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto Editora, 2008. 496 p.

SERPA, Fabíola Bristot; SOUZA, João Carlos. Aplicação do método de projeto baseado em desempenho para a segurança contra incêndio na Capela do Menino Deus, em Florianópolis, SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: ANTAC, 2009. p. 1 - 12.

SOLIBRI. **Solibri Model Checker V9.5:** Getting Started with Solibri Model Checker™. 2014. Disponível em: <<https://solibri-assets.s3.amazonaws.com/old-site/2014/12/Getting-Started-v9.5.pdf>>. Acesso em: 17 de setembro de 2018.

SOUZA, João Carlos. Prevenção Contra Incêndios: A Importância do Projeto. In: CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1996. p. 47 - 56.

SILVA, Julio Cesar Bastos; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. A contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia bim: Uma abordagem teórica. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador, 2011.

TAKAGAKI, Carolina Yumi Kubo. **Regras de verificação e validação de modelos BIM para sistemas prediais hidráulicos e sanitários.** 2016. 113 p. Dissertação (Mestrado em Inovação na Construção Civil) – Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

ANEXO A – Lista completa dos templates de regras do *Solibri Model Checker 9.6*

| ID | Nome ENG | Nome POR | Descrição |
|-----------|--|--|--|
| SOL 1 | <i>General Intersection Rule</i> | Regra Geral de Intersecções | Esta regra checa a intersecção entre componentes. O usuário pode configurar quais componentes a regra irá checar e como isto será feito. |
| SOL 11 | <i>Model Should Have Components</i> | Componentes Necessários no Modelo | Esta regra checa se o modelo contém componentes de tipos selecionados. Também checa se os componentes possuem um tipo de construção. |
| SOL 111 | <i>Floor and Gross Area Analysis</i> | Análise de Área do Andar e Área Total | Esta regra checa e lista várias informações relacionadas aos andares. A regra requer tanto Compartimentos de Áreas Totais (definidos na Vista de Compartimentação), ou existência de um 'espaço de área total' em cada andar. O 'Espaço de área total' é um componente de espaço que representa a área total do andar e agrupa todos os outros espaços do andar. |
| SOL 132 | <i>Space Area</i> | Áreas de Espaços | Esta regra checa se a área de espaços específicos está dentro de limites predefinidos |
| SOL 161 | <i>Distances Between Spaces</i> | Distâncias Entre Espaços | Esta regra checa se as distancias entre espaços correspondem aos requisitos dados. |
| SOL 162 | <i>Spaces Must Be Included in Space Groups</i> | Espaços Devem Estar Incluídos em Grupos de Espaços | Esta regra checa se todos os espaços do modelo estão incluídos em algum grupo de espaços. |
| SOL 17 | <i>Layer of Component Must Be from Agreed List</i> | Layers dos Componentes Devem Ser de uma Lista Definida | Esta regra checa se os componentes estão atribuídos aos <i>layers</i> corretos. |
| SOL 171 | <i>Component Property Values Must Be Consistent</i> | Medidas de Componentes Devem ser Consistentes | Esta regra checa se os componentes com o mesmo tipo construtivo em todo o modelo ou no mesmo andar possuem as mesmas dimensões. |
| SOL 172 | <i>Fire Walls Must Have Correct Wall, Door, and Window Types</i> | Paredes Corta-Fogo Devem Possuir Tipos Corretos de Paredes, Portas e Janelas | Esta regra checa se todas as paredes entre diferentes zonas de incêndio possuem o tipo correto e que as portas e janelas nestas paredes são resistentes às chamas. Também checa se os tipos de paredes, portas e janelas corta-fogo não são usados em outras partes do projeto. |

| ID | Nome ENG | Nome POR | Descrição |
|---------|---|--|--|
| SOL 175 | <i>Space Group Containment</i> | Conteúdo de Grupos de Espaços | Esta regra checka se todos os grupos de espaços possuem uma quantidade requerida de determinados tipos de espaços. |
| SOL 176 | <i>Model Structure</i> | Estrutura do Modelo | Esta regra checka se o modelo inclui um edifício e andares com nomes únicos. Também checka se todos os componentes estão contidos em algum andar e se todos os andares possuem componentes. E finalmente também checka se todas as janelas e portas estão contidas em paredes. |
| SOL 179 | <i>Escape Route Analysis</i> | Análise de Rota de Saída | Esta regra checka se é possível sair com segurança de um edifício em caso de incêndio ou outra emergência. O edifício deve possuir uma quantidade adequada de passagens para a saída que possuam capacidade suficiente, de maneira que o tempo de evacuação não seja perigosamente longo. |
| SOL 19 | <i>Spaces Must Have Enough Window Area</i> | Os Espaços Devem Possuir Área Suficiente de Janelas | Esta regra checka se a taxa entre a área de janelas e a área do espaço está dentro dos limites determinados. |
| SOL 190 | <i>Fire Compartment Area Must Be within Limits</i> | Área de Compartimento de Fogo Deve Estar Dentro de Limites | Esta regra checka se as áreas de compartimentos de fogo estão dentro de limites. |
| SOL 191 | <i>Spaces Must Be Included in Fire Compartments</i> | Espaços Devem Ser Incluídos em Compartimentos de Fogo | Esta regra checka se todos os espaços do modelo estão incluídos em compartimentos de fogo. |
| SOL 202 | <i>Space Validation</i> | Validação de Espaços | Esta regra checka se a geometria e localização dos espaços estão corretas. Checka se as bordas dos espaços estão próximas às paredes, colunas e outros objetos, e se os espaços estão tocando uma superfície de laje acima ou abaixo. Também checka a altura dos espaços e interseções com outros componentes. |

| ID | Nome ENG | Nome POR | Descrição |
|---------|---|---|---|
| SOL 203 | <i>Required Property Sets</i> | Propriedades Requeridas | Esta regra checa se o modelo contém os conjunto de propriedades e as propriedades requeridas. Também checa se as propriedades possuem (ou não) um valor e se este valor é aceitável. |
| SOL 206 | <i>Model Comparison</i> | Comparação de Modelos | Esta regra compara dois modelos e apresenta as diferenças entre eles. |
| SOL 207 | <i>Accessible Ramp Rule</i> | Regra de Acessibilidade de Rampas | Esta regra verifica a acessibilidade de rampas sob diferentes perspectivas. Ela verifica a inclinação, comprimento, largura, e os espaços livres no início e no fim das rampas. Ela também verifica as dimensões de patamares intermediários das rampas. |
| SOL 208 | <i>Accessible Door Rule</i> | Regra de Acessibilidade de Portas | Esta regra verifica a acessibilidade de portas sob diferentes perspectivas. Ela verifica as dimensões, proporção de vidro, direções de abertura e os espaços livres da porta. Para usar esta regra os espaços devem estar classificados por seu uso. |
| SOL 209 | <i>Free Floor Space</i> | Espaço Livre de Circulação | Esta regra checa se os espaços possuem espaço suficiente de circulação. |
| SOL 21 | <i>Components Must Have Unique Identifier</i> | Componentes Devem Ter Identificador Único | Esta regra checa se todo componente possui um identificador único (em todo o modelo, no andar da edificação ou no mesmo grupo de espaço). Também checa se os identificadores estão corretos (quando necessário). |
| SOL 210 | <i>Accessible Stair Rule</i> | Regra de Acessibilidade de Escadas | Esta regra verifica a acessibilidade de escadas sob diferentes perspectivas. Ela verifica o número de degraus, dimensões dos degraus, dimensões dos patamares intermediários, e espaços livres no início e final das escadas. Alturas de vão de passagem acima e abaixo da escada não são checadas. |
| SOL 211 | <i>Accessible Window Rule</i> | Regra de Acessibilidade de Janelas | Esta regra verifica a acessibilidade de janelas sob diferentes perspectivas. Atualmente ela verifica apenas a altura do peitoril. Para usar esta regra os espaços devem estar classificados por seu uso. |
| SOL 212 | <i>Building Envelope Validation</i> | Validação do Envelope da Edificação | Esta regra checa se o envelope da edificação definido no modelo (ref. Propriedade de Envelope da Edificação na vista de <i>info</i> de paredes) é o mesmo que o envelope de contorno dos espaços de áreas totais e/ou espaços do modelo. |
| SOL 213 | <i>Shelf Running Metre Rule</i> | Regra de Distância Corrida de Estantes | Esta regra checa a distância corrida das estantes. A regra também gera um relatório de todos os espaços de armazenagem com seus comprimentos. |
| SOL 215 | <i>Allowed Profiles</i> | Perfis Permitidos | Esta regra checa se apenas os perfis listados de vigas e colunas estão sendo usados no modelo. |

| ID | Nome ENG | Nome POR | Descrição |
|---------|--|---|---|
| SOL 216 | <i>Wall Validation</i> | Validação de Paredes | Esta regra checa a geometria e as medidas das paredes. A regra possui requisitos de medidas de distâncias de janelas, portas, aberturas, e bordas de paredes. Pode possuir também limitações para aceitar tipos de geometrias de paredes. A direção da geometria de extrusões também pode ser limitada. |
| SOL 218 | <i>Element Hole Validation Rule</i> | Regra de Validação de Aberturas | Esta regra checa se as aberturas estão em localizações válidas. |
| SOL 220 | <i>Bottom to Bottom Distances</i> | Distâncias Entre Faces Inferiores | Esta regra checa distâncias verticais entre componentes. |
| SOL 221 | <i>Wall Distance</i> | Distância de Paredes | Esta regra checa se as distâncias entre paredes estão em uma faixa aceitável. |
| SOL 222 | <i>Component Distance</i> | Distância entre Componentes | Esta regra checa a distância entre componentes. |
| SOL 223 | <i>Structural Components Fit in Architectural Ones</i> | Componentes Estruturais Estão Dentro dos Arquitetônicos | Esta regra checa se os componentes do modelo estrutural se encaixam dentro dos componentes do modelo arquitetônico. |
| SOL 224 | <i>Architectural Components Are Filled</i> | Componentes Arquitetônicos Estão Preenchidos | Esta regra checa se componentes arquitetônicos estão preenchidos por componentes estruturais. |
| SOL 225 | <i>Number of Components in Space</i> | Número de Componentes no Espaço | Esta regra checa se existe uma quantidade requerida de componentes dentro dos espaços. |
| SOL 226 | <i>Free Area in Front of Components</i> | Área Livre em Frente aos Componentes | Esta regra checa se não há componentes bloqueando outros componentes predefinidos. |
| SOL 228 | <i>Floor Names Must Be Consecutive</i> | Nomes de Andares Devem ser Sequenciais | Esta regra checa se os nomes dos andares possuem numeração e são sequenciais. |
| SOL 23 | <i>Components Must Touch Other Components</i> | Componentes Devem Tocar Outros Componentes | Esta regra checa se os componentes tocam as superfícies de outros componentes acima ou abaixo deles. |
| SOL 230 | <i>Property Rule Template with Component Filters</i> | Gabarito Regra de Propriedades com Filtros de Componentes | Esta regra checa apenas os componentes que passam pelos filtros da tabela "Componentes a Checar". A tabela "Requisitos" lista os requisitos para os componentes. Ambas as tabelas podem conter pelo menos um filtro. |
| SOL 231 | <i>Comparison Between Property Values</i> | Comparação Entre Valores de Propriedades | Esta regra é usada para comparar os valores de duas propriedades associadas a um determinado componente. |
| SOL 232 | <i>Manual Checking Rule</i> | Regra de Checagem Manual | Esta regra cria ocorrências definidas nos parâmetros da regra. Esta regra pode ser usada se existirem casos que ainda não podem ser checados pelas regras existentes. |

| ID | Nome ENG | Nome POR | Descrição |
|---------|---|---|---|
| SOL 233 | <i>Allowed Beam Intersections</i> | Intersecções Permitidas em Vigas | Esta regra checa intersecções de vigas com outros componentes que podem, entretanto, atravessa-las em uma área definida. Componentes (tipicamente tubos e dutos) que atravessam a viga na área permitida não irão gerar nenhuma ocorrência. |
| SOL 234 | <i>Component Inside Component</i> | Componentes Dentro de Componentes | Esta regra checa distâncias entre as faces de componentes que estejam um dentro do outro. |
| SOL 25 | <i>Components Must be Connected to Spaces</i> | Componentes Devem Estar Conectados a Espaços | Esta regra checa se componentes externos estão conectados a um espaço e componentes internos a dois espaços. Checa portas, janelas e aberturas. |
| SOL 36 | <i>Space Requirements</i> | Requisitos de Espaços | Esta regra checa se o modelo contém uma quantidade determinada de espaços com um determinado tipo, nome ou número e área, por exemplo: 10 espaços de escritório com uma área de 10m ² +/- 5%. |
| SOL 37 | <i>Total Space Area on Each Floor</i> | Área Total dos Espaços em Cada Andar | Esta regra checa se as áreas dos espaços em cada andar estão dentro dos limites fornecidos. |
| SOL 38 | <i>Space Count on Each Floor</i> | Contagem de Espaços em Cada Andar | Esta regra checa se cada andar possui um número determinado de espaços de um certo tipo, ex.: se há 10 espaços de escritórios no piso térreo. Apenas os tipos definidos de espaços serão checados; espaços de tipos não listados são ignorados. |
| SOL 9 | <i>Property Values Must Be from Agreed List</i> | Valores de Propriedades Devem Ser de Lista Seleccionada | Esta regra checa se apenas os valores de propriedades pré-escolhidos estão em uso no modelo. |